



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR PRÓ-
REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO
PROFISSIONAL EM PLANEJAMENTO AMBIENTAL.**

CARLOS ROMAY PINTO DA SILVA

**Avaliação de Riscos de Inundação na Bacia
Hidrográfica do Rio das Pedras-
Pituaçu/Salvador-BA**

Salvador

2018

CARLOS ROMAY PINTO DA SILVA

**Avaliação de Riscos de Inundação na Bacia
Hidrográfica do Rio das Pedras-
Pituaçu/Salvador-BA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Ambiental, da Universidade Católica do Salvador, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Silvana Sá de Carvalho.
Coorientador: Prof. Dr. Jémison Mattos dos Santos

Salvador

2018

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1. ABORDAGEM TEÓRICO-CONCEITUAL.....	16
1.1 DESASTRES NATURAIS E AS INUNDAÇÕES	19
1.2 RISCO, VULNERABILIDADE E DEMAIS CONCEITOS RELACIONADOS	27
1.3 AVALIAÇÃO DE RISCO DE DESASTRES NATURAIS.....	29
1.4 BACIAS HIDROGRÁFICAS	32
1.5 GEOPROCESAMENTO, SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E A ÁLGEBRA DE MAPAS.	38
CAPÍTULO 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	45
2.1 MATERIAIS.....	46
2.2 MÉTODO	47
2.2.1 Levantamento Documental e Cartográfico.....	53
2.2.2 Definição de Parâmetros Morfométricos e Fórmulas empíricas	55
2.2.3 Preparação das Variáveis Naturais e Socioeconômicas e Elaboração dos Mapas Temáticos	56
2.2.4 Elaboração dos Mapas-Síntese.....	64
2.2.5 Elaboração do Mapa de Riscos de Inundação	66
2.2.6 Avaliação dos Riscos de Inundação	66
CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL E SOCIOECONÔMICA ..	67
3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL.....	67
3.1.1 Clima	68
3.1.2 Geologia e Geomorfologia	77
3.1.3 Pedologia.....	84
3.1.4 Vegetação	86
3.1.5 Análise Morfométrica	91
3.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA.....	106
CAPÍTULO 4. ÁLGEBRA DE MAPAS.	120
4.1 MAPA DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES.....	139
4.2 MAPA DE VULNERABILIDADE SOCIAL	158
4.3 MAPA DE RISCOS DE INUNDAÇÃO	163

4.4 AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÃO	166
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	172
REFERÊNCIAS.....	171

TERMO DE APROVAÇÃO

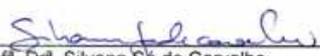
CARLOS ROMAY PINTO DA SILVA

AVALIAÇÃO DE RISCOS DE INUNDAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS
PEDRAS / PITUAÇU.

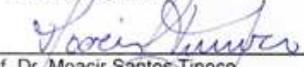
Dissertação aprovada como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Planejamento Ambiental.

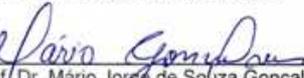
Salvador, 04 de julho de 2018.

Banca Examinadora:


Prof.ª Dr.ª Silvana Sá de Carvalho
Universidade Católica do Salvador - UCSAL
Doutora em Geografia


Prof. Dr. Jémison Mattos dos Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Doutor em Geografia


Prof. Dr. Moacir Santos Tinoco
Universidade Católica do Salvador - UCSAL
Doutor em Biologia da Conservação


Prof. Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves
Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA
Doutor em Geologia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Eventos Naturais Danosos Mundiais entre 1994 a 2003.....	23
Figura 2. Eventos naturais danosos mais recorrentes no Brasil. Registros	24
Figura 3: Distribuição das ocorrências de alagamentos na área de estudo.....	25
Figura 4: Diferenciação dos Fenômenos de Inundação e Enchente	26
Figura 5: Bacia Hidrográfica e alguns dos seus elementos	32
Figura 6: Visão tridimensional área de estudo com a rede de drenagem	33
Figura 7: Ciclo Hidrológico e seus elementos.....	34
Figura 8: Regiões Hidrográficas do Brasil	35
Figura 9: Regiões Administrativas das Águas - RPGAs	36
Figura 10. A álgebra de mapas comparadas com a álgebra Convencional.	41
Figura 11. O processamento cíclico de mapas utilizado para o.....	41
Figura 12. Exemplo de operação de ponderação.....	42
Figura 13. Operação de fatiamento em classes.....	43
Figura 14. Operação de Reclassificação.....	44
Figura 15. Operação de Espacialização	44
Figura 16. Fluxograma Metodológico da Pesquisa (Parte 1)	50
Figura 17. Média por período do total de chuvas por ano (1964 a 2015) na estação.....	70
Figura 18. Porcentagem de chuva precipitada em um determinado mês no Período.....	71
Figura 19. Pluviosidade máxima em determinado mês entre 1964/70, na estação de Ondina, Salvador-BA.	71
Figura 20. Alturas máximas e número de dias com Chuva entre 1964/70, na estação	72
Figura 21. Alturas máximas e número de dias com chuva. Período entre 1973/80, na.....	73
Figura 22. Alturas máximas e número de dias com chuva entre 1991/00, na estação	73
Figura 23. Alturas máximas e número de dias com chuva entre 2011 e 2015, na	74
Figura 24. Localização das estações pluviométricas usadas no estudo do clima na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.....	75
Figura 25. Alturas máximas em determinado mês entre 2005 e 2010 em Salvador-BA.	76
Figura 26. Número de dias com chuva no período entre 2005 e 2010 em Salvador-BA.	77
Figura 27. Arcabouço geológico da América do Sul.....	78
Figura 28. Localização da área da cidade de Salvador-BA em relação ao Cráton do.....	79
Figura 29. Área de estudo localizada na região de Salvador-BA.....	80
Figura 30. Macroformas encontradas no Estado da Bahia. Em destaque, o município	82

Figura 31. Secção da drenagem no limite entre os rios das Pedras e Saboeiro na área de estudo96
Figura 32. Retângulo envolvente da área de estudo	109
Figura 33. Ocupação de alto padrão na parte SE da bacia hidrográfica – Bairro do Imbuí, Salvador-BA.	110
Figura 34. Ocupação de padrão popular na parte SE da bacia hidrográfica –.....	110
Figura 35. Ocupação (moradia) de padrão precário na bacia hidrográfica. Comunidade.....	111
Figura 36. Ocupação de padrão precário no bairro de Tancredo Neves, Salvador-BA,	111
Figura 37. Região do miolo de Salvador inserida na Área de estudo.....	112
Figura 38. Área em km ² relacionada aos seus respectivos Distritos	116
Figura 39 Distribuição da População por subdistritos na Bacia.....	117
Figura 40. Densidade Demográfica (hab/ha) por Distrito.	118
Figura 41. Renda Média por Subdistrito na área de estudo.....	118
Figura 42. Categorias de Suscetibilidade e sua relação com a área (%) da bacia.	143
Figura 43. Bairros dentro da Bacia que apresentam suscetibilidade a inundação Alta a Muito Alta.	144
Figura 44. Comparação entre a carta de suscetibilidade elaborada pela CPRM e o presente trabalho	146
Figura 45. As categorias e seu percentual em relação aos setores censitários dentro da bacia.	156
Figura 46. Percentagem de setores censitários com vulnerabilidade Alta ou Muito Alta na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu	162
Figura 47. Riscos de inundação de cada categoria na área de estudo	167
Figura 48. Zonas de concentração das categorias de Risco Médio, Alto e Muito Alto na área de estudos.	168
Figura 49. Locais com Risco Alto na parte baixa da área de estudo.....	169
Figura 50. Locais com Risco Alto na parte central da área de estudo.....	170
Figura 51. Locais com Risco Alto ao longo do Ri Pituaçu, na área de estudo.....	171

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Roteiro Metodológico da Pesquisa	52
Quadro 2. Dados obtidos, as Fontes e Conteúdo/Utilidade.....	54
Quadro 3. Informações cadastrais da estação pluviométrica de Ondina	69
Quadro 4. Dados cadastrais das estações pluviométricas do Abaeté e Canabrava.....	75
Quadro 5. Hierarquização fluvial, quantidade e comprimento dos canais das subacias de Pituvaçu e Pedras.....	102
Quadro 6. Variáveis naturais e as categorias (e subcategorias) com seus respectivos pesos ...	121
Quadro 7. Categorias (e subcategorias) da variável Uso, Ocupação & Cobertura do Solo, a área em km ² e em porcentagem e os pesos respectivos.	129
Quadro 8. Categorias, as faixas de declividade e seus respectivos pesos associados	132
Quadro 9. As categorias e sua relação com a suscetibilidade a inundações, o peso e suas respectivas áreas em hectares e em porcentagem em relação a área total da bacia.....	134
Quadro 10. Categorias de altitude e seus respectivos pesos.....	135
Quadro 11. As categorias e sua relação com as altitudes, com os pesos e suas respectivas áreas em relação a área total da bacia	138
Quadro 12. Intervalos de variação, e sua relação com as categorias, com os	143
Quadro 13. Classes e faixas de Renda em Salários mínimos, o número de setores censitários envolvidos, sua porcentagem e seus respectivos Pesos	149
Quadro 14. Padrões de Moradia, seu peso relacionado e os setores censitários	151
Quadro 15. Categorias de densidade e sua relação com as faixas, o peso e a área que ocupa.	154
Quadro 16. Classes e intervalos de classe definidos e sua relação com a	159
Quadro 17. Categorias de vulnerabilidade social, o peso e seus respectivos setores censitários e em porcentagem em relação ao total da bacia	162
Quadro 18. Intervalos, categorias e pesos relacionados com os Riscos de Inundação e a área que cada categoria ocupa na bacia.....	167

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres	21
Tabela 2. Desastres Naturais entre 1948 e 2015.....	23
Tabela 3. Os 20 maiores desastres na América do Sul em termos de óbitos	24
Tabela 4. Variáveis e índices geométricas, de relevo e de drenagem extraídos das subacias....	98
Tabela 5. Características da bacia, índices morfométricos e as fórmulas para sua obtenção..	101
Tabela 6. Valores de referência para análise das características morfométricas nas subacias.	101
Tabela 7 Coordenadas Geográficas em décimos de grau,.....	108
Tabela 8. Classificação da Declividade (EMBRAPA).....	131

LISTA DE MAPAS

Mapa 1. Bacias Hidrográficas da Parte Continental de Salvador-BA.....	37
Mapa 2. Mapa Geológico da Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu, Salvador-BA.	81
Mapa 3: Solos do município de Salvador-BA sem as ilhas que também fazem parte do município	85
Mapa 4. Fragmentos de Mata Atlântica na Cidade de Salvador-BA categorizados de acordo com seus estágios de sucessão.	89
Mapa 5. Vegetação e seus estágios de sucessão, o Parque de Pituaçu, corpos hídricos e área urbanizada na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, Salvador-BA.....	90
Mapa 6. Rede de drenagem hierarquizada segundo Strahler na área de estudo.....	94
Mapa 7. Subacias e suas respectivas hidrografias o Parque de Pituaçu e a área urbanizada na .. área de estudo	95
Mapa 8. Subacias com as variáveis morfométricas da drenagem na área de estudo.....	97
Mapa 9. Localização da área de estudo	108
Mapa 10. Bacias hidrográficas de Salvador-Ba exceto as ilhas	113
Mapa 11. Bairros inseridos na Bacia Hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu	114
Mapa 12. Setores Censitários da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	115
Mapa 13. Distritos inseridos na Bacia	116
Mapa 14. Área urbanizada no recorte da área de estudo	122
Mapa 15. Corpos hídricos (lago de Pituaçu e demais açudes e reservatórios), drenagem e as .. áreas urbanizadas ..	123
Mapa 16. Solo exposto na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.....	124
Mapa 17. Vegetação e seus estágios de sucessão na área de estudo, o Parque de Pituaçu e as .. área urbanizada dentro da área de estudo ..	125
Mapa 18. Uso, Ocupação & Cobertura do Solo em formato vetorial.	126
Mapa 19. Uso & Ocupação do Solo em formato matricial (raster).....	127
Mapa 20. Mapa síntese de todos os mapas temáticos da variável Uso, Ocupação e Cobertura do Solo.....	128
Mapa 21. MDE recortado para a área de estudo.....	130
Mapa 22. Mapa de declividade em banda simples cinza da área de estudo.	131
Mapa 23. Raster reclassificado de acordo com as regras estipuladas da área de estudo.....	132
Mapa 24. Declividade da bacia hidrográfica com as classes e Pesos associados.....	133

Mapa 25. As categorias de declividade distribuídas entre os Bairros da Bacia	134
Mapa 26. Hipsométrico reclassificado em banda simples cinza com o limite Max/mín definido.	136
Mapa 27. Hipsometria da bacia hidrográfica com as categorias e as respectivas faixas de altitudes na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	137
Mapa 28. As categorias hipsométricas distribuídas entre os Bairros e os setores censitários da .. Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	138
Mapa 29. Suscetibilidade a inundações	140
Mapa 30. Mapa de Suscetibilidade a Inundação.	141
Mapa 31. Mapa vetorial da Suscetibilidade a Inundações da Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu	142
Mapa 32. Carta de Inundação elaborada pela CPRM (2013)	145
Mapa 33. Categorias de Renda e sua relação com os setores censitários e bairros da bacia	148
Mapa 34. Categorias e suas respectivas faixas de variação da Renda.....	150
Mapa 35. Categorias e seus respectivos pesos da variável Tipo de Moradia na área de estudo.	152
Mapa 36. Categorias e os respectivos pesos da variável Tipo de Moradia	153
Mapa 37. Categorias e as faixas arbitradas de Densidade Demográfica na área de estudo.	155
Mapa 38. Os bairros e os Setores Censitários categorizados segundo a densidade demográfica na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	157
Mapa 39. Mapa de Vulnerabilidade Social em banda simples e com os limites encontrados na .. área de estudo	158
Mapa 40. Vulnerabilidade Social e suas Categorias	160
Mapa 41. Categorias de Vulnerabilidade Social da Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu incluídos os bairros e os setores censitários	161
Mapa 42: Riscos de Inundação e os limites encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu	164
Mapa 43. Mapa de riscos de inundação e as categorias de risco.....	165
Mapa 44. Categorias de Risco, Parque de Pituaçu e os setores censitário / bairros inseridos .	166

LISTA DE SIGLAS

AM3	NEOSSOLO QUARTZARÊNICO
CAB	CENTRO ADMINISTRATIVO DA BAHIA
CAPES	COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
CEAMA	CENTRO DE APOIO ÀS PROMOTORIAS DE MEIO AMBIENTE E URBANISMO
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
COBRADE	CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES
CODAR	CODIFICAÇÃO DE DESASTRES, AMEAÇAS E RISCOS
CONDER	COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO URBANO DO ESTADO DA BAHIA
CPRM	SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
CRED	CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS
EIRD	ESTRATÉGIA INTERNACIONAL PARA A REDUÇÃO DE DESASTRES
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
EM-DAT	EMERGENCY EVENTS DATABASE
EPUCS	ESCRITÓRIO DO PLANEJAMENTO URBANÍSTICO DA CIDADE DO SALVADOR
EUST	ESTUDO DE USO DO SOLO E TRANSPORTES DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR
GDAL	GEOSPATIAL DATA ABSTRACTION LIBRARY
GPS	SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL POR SATÉLITES
GRASS	GEOGRAPHIC RESOURCES ANALYSIS SUPPORT SYSTEM
HAND	HEIGHT ABOVE NEAREST DRAINAGE
HD	HARD DRIVE (DISCO RÍGIDO)
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IDH	ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

INEMA	INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS
INFORMS	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS URBANAS DO ESTADO DA BAHIA
INMET	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
INPE	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
ISCB	ITABUNA-SALVADOR-CURAÇÁ BELT
LAA	LATOSSOLO AMARELO
LVA	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
MDE	MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO
NUMA	NÚCLEO DE MEIO AMBIENTE
NW	NOROESTE
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE
ONU	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
PLANDURB	PLANO DE DESENVOLVIMENTO URBANO DA CIDADE DO SALVADOR
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PNPDEC	POLÍTICA NACIONAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL
PVA	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO
RMS	REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR
RPGA	REGIÕES ADMINISTRATIVAS DAS ÁGUAS
SE	SUDESTE
SEB	SALVADOR- ESPLANADA- BELT
SIG	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
SIRGAS	SISTEMA DE REFERÊNCIA GEOCÊNTRICO PARA AS AMÉRICAS
SM	SALÁRIO MÍNIMO
SRH	SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
SRTM	SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION
TGS	TEORIA GERAL DOS SISTEMAS
UCSAL	UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR

UNEB	UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA
UFBA	UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
UNISDR	UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION
UTM	UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
VCAS	VÓRTICES CICLÔNICOS DE AR SUPERIOR
ZCAS	ZONA DE CONVERGÊNCIA DO ATLÂNTICO SUL
ZCIT	ZONA DE CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL

RESUMO

Este trabalho, de cunho interdisciplinar, está compreendido na área do planejamento ambiental e do planejamento urbano e tem como objetivo avaliar os riscos relacionados com inundações, tendo como objeto de estudo a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu na cidade de Salvador-BA. Para a consecução deste objetivo, foi utilizada uma metodologia baseada no uso de Sistema de Informações Geográficas – SIG, denominada de Álgebra de Mapas, a qual permitiu a espacialização e a hierarquização de maneira qualitativa não só dos riscos de inundações, como das áreas de suscetibilidade a inundações e a vulnerabilidade social da população da bacia hidrográfica. Esta metodologia permitiu a construção do mapa de riscos de inundações por meio de uma operação algébrica, usando o operador soma, entre o mapa de suscetibilidade a inundações e o mapa de vulnerabilidade social. O mapa de Suscetibilidade a Inundações foi elaborado considerando-se três variáveis ambientais: Uso, Ocupação & Cobertura do Solo, a Declividade e a Hipsometria. O mapa de Vulnerabilidade Social foi elaborado a partir de três variáveis socioeconômicas: Renda, Densidade Demográfica, e Tipos de Moradia. Como resultado, verificou-se que a bacia hidrográfica possui suscetibilidade Muito Alta e Alta relacionada a inundações, na sua parte próxima à foz e na parte central respectivamente; quanto à vulnerabilidade social, verificou-se uma condição de maior vulnerabilidade na parte alta e intermediária da bacia (miolo de Salvador); com relação aos riscos de inundações, verificou-se que, na maior parte da bacia, são Baixos ou Muito Baixos; quanto aos riscos Altos, eles se concentraram, na forma de manchas, de maneira mais expressiva, ao longo das margens do rio Pituaçu e nas partes central e, principalmente, baixa da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Palavras-Chave: Avaliação de Riscos, Suscetibilidade, Vulnerabilidade, Inundações, Bacias Hidrográficas, Álgebra de Mapas

ABSTRACT

This interdisciplinary work is comprised in the area of environmental planning and urban planning and aims to evaluate the risks related to flooding, having as object of study the hydrographic basin of Rio de Pedras / Pituaçu in the city of Salvador-Bahia. In order to achieve this objective, a methodology based on the use of the Geographic Information System (GIS), called Map Algebra, was used, which allowed the spatialisation and hierarchy of the flood risk as well as the areas of susceptibility floods and social vulnerability of the catchment population. This methodology allowed the construction of the flood risk map by means of an algebraic operation, using the sum operator, between the flood susceptibility map and the social vulnerability map. The Flood Susceptibility map was elaborated considering three environmental variables: Land Use, Occupation & Coverage, Declivity and Hypsometry. The Social Vulnerability map was elaborated from three socioeconomic variables: Income, Demographic Density, and Types of Housing. As a result, it was verified that the river basin has very high and high susceptibility related to floods, near its mouth and in the central part respectively; with regard to social vulnerability, there was a condition of greater vulnerability in the high and intermediate part of the basin (Salvador's basin); with regard to flood risks, it has been found that in most of the basin they are low or very low; As for the high risks, they concentrated in the form of patches more expressively along the banks of the Pituaçu River and in the central and mainly lower parts of the Rio das Pedras / Pituaçu watershed.

Key words: Risk Assessment, Susceptibility, Vulnerability, Floods, Watersheds, Map Algebra

INTRODUÇÃO

A humanidade cada vez mais se torna urbana. Os Homens, ao longo de sua história, saíram das pequenas aglomerações, para ajuntamentos cada vez maiores, que, com o tempo, foram se transformando em grandes espaços urbanos até atingirem o estágio de megalópoles, ou seja, cidades de dimensões imensas. Este mundo construído, então, foi se defrontando e modificando o mundo natural, o que trouxe consequências para ambos. Decerto, que são nas cidades que as relações socioeconômicas e as práticas humanas ocorreram e ainda ocorrem de modo mais contundente. Nas cidades, os processos urbanos impostos ao ambiente natural, via de regra, promoveram desmatamentos, impermeabilização do solo e modificações na rede de drenagem, transformando a maneira do funcionamento dos sistemas ambientais, expondo estes territórios a ameaças graves, como inundações, enxurradas e movimentos de massa.

Portanto, sempre foi e sempre será inevitável a interação da sociedade com o meio natural. Esta interação, muitas vezes, ocasiona desastres às populações. Nas últimas décadas, o número de vítimas e danos materiais devido a desastres naturais no planeta aumentaram muito. Este quadro fez com que a Organização das Nações Unidas – ONU, ao longo dos anos, promovesse debates sobre o problema com o intuito da sua redução. Deste modo, foi instituída entre 1990 e 2000 a Década de Combate aos Desastres Naturais. Mais recentemente, em 2015, foi realizada no Japão a Terceira Conferência para debater o tema, firmando-se, neste evento, um modelo de gestão de risco de desastres, com maior enfoque para a avaliação dos riscos, a qual é parte da gestão ou gerenciamento dos riscos e que trata tanto da suscetibilidade do ambiente natural aos processos físicos que podem desencadear eventos como as inundações, quanto à vulnerabilidade das populações frente a estes fenômenos.

Para se conhecer e avaliar os riscos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, objeto deste estudo, é preciso compreender o meio ambiente e os processos socioeconômicos da região em que se encontra a cidade de Salvador, capital do Estado da Bahia. É preciso considerar que a cidade de Salvador, na década de 1950, sofreu um forte aumento populacional e um incremento nas atividades socioeconômicas, desconsiderando as questões naturais. Estes fatos produziram um quadro de grande desequilíbrio ambiental. Nas últimas décadas, o número de pessoas que passou a residir em áreas de perigo com relação a ameaças naturais, vem aumentando. O resultado foi que os fenômenos da natureza, cada vez mais, se tornarem desastres ou até mesmo catástrofes ambientais. Cabe observar que, na região metropolitana de Salvador, já ocorrem deslizamentos de terra e inundações, causando

transtornos para a população. Nesta região, os processos de urbanização causaram ocupação generalizada do território, concentração demográfica, desmatamentos intensivos e a impermeabilização do solo. Junto a isso, se acentuaram os processos de erosão e assoreamentos, além de modificação dos cursos d'água. Assim, existem razões para supor que os processos que agem na geração de desastres naturais, na região de Salvador, também estão em voga na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu e que, pelo menos, parte da população desta bacia se encontra em situação de vulnerabilidade social.

Deste modo, este trabalho parte da hipótese que os riscos de inundação na Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu são proporcionados pela forte suscetibilidade do território aos fenômenos de inundação devidos ao clima quente e úmido da região, resultado dos sistemas climáticos atuantes, favorecendo as precipitações intensas e concentradas em determinados períodos do ano; ao modelado topográfico, promovendo a concentração e o acúmulo superficial das águas; além da grande vulnerabilidade dos habitantes, resultado do processo de urbanização, focado em um modelo de desenvolvimento socialmente injusto e ambientalmente degradador, pondo em risco parcelas da população e aumentando a sua vulnerabilidade social.

Para tentar comprovar a hipótese aventada, este trabalho estabeleceu, como objetivo geral, avaliar os riscos de inundação da bacia do Rio das Pedras/Pituaçu. Dentro deste contexto, foram enumerados os seguintes objetivos específicos:

1. Caracterizar as principais variáveis naturais que influem na geração das inundações e elaborar o mapa de suscetibilidade à inundação da bacia;
2. Caracterizar as principais variáveis socioeconômicas que contribuem para a vulnerabilidade social frente a eventos de Inundação e elaborar o mapa de Vulnerabilidade Social na Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu;
3. Elaborar o mapa e avaliar os riscos de inundação na Bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Para a consecução dos objetivos propostos, foi utilizada uma metodologia que utiliza uma técnica fortemente embasada no uso dos Sistemas de Informações Geográficas: Álgebra de Mapas, semelhante à álgebra convencional, é uma técnica que permitiu a elaboração de mapas-síntese por meio de operações algébricas elementares (operadores soma e multiplicação) entre mapas temáticos. Assim, elaborou-se o mapa de riscos de inundação por meio da operação algébrica, entre os mapas de suscetibilidade a inundações e de vulnerabilidade social. Para elaborar o mapa de suscetibilidade a inundações, foram escolhidas três variáveis naturais para a modelagem (Uso, Ocupação & Cobertura do Solo, Declividade e Hipsometria); e para elaborar o mapa de vulnerabilidade social foram consideradas três variáveis socioeconômicas (Renda,

Densidade Demográfica e Tipos de Moradia). De posse deste mapa, foi possível efetuar a avaliação dos riscos de inundação dentro da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Cabe destacar que a motivação na escolha desta região, em especial, partiu do fato da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu estar muito ligada à vida cotidiana do autor. Nesta bacia, o autor residiu por mais de dez anos; exerceu atividades laborais na Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, no Centro Administrativo da Bahia - CAB de 1998 até 2001 e atualmente trabalhando, desde 2014, no Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia – INEMA localizado também no CAB; além disso, o Campus da Universidade Católica de Salvador – UCSAL, onde as aulas e as atividades acadêmicas foram ministradas, está localizado também nesta bacia. Tanta convivência nesta região, ajudado por uma visão do meio ambiente holística, proporcionada pela formação acadêmica em Geologia e pelas atividades multidisciplinares exercidas ao longo da vida no órgão ambiental do Estado, despertou a curiosidade em se conhecer como os elementos naturais interagem com os sociais neste espaço geográfico; especificamente, qual o papel de cada um no processo de geração das inundações e qual o risco que corre cada parcela da população.

Assim, este trabalho, adequado às linhas de pesquisa do Mestrado de Planejamento Ambiental da Universidade Católica do Salvador - UCSAL, de cunho interdisciplinar, alinhado com as formas de intervenção ambiental planejada do território, apresentou no Capítulo 1 a abordagem conceitual em que se teceu considerações sobre temas afins ao trabalho como: desastre naturais, riscos, vulnerabilidade, inundações, sistemas de informação geográfica, álgebra de mapas e etc.; no Capítulo 2 se expôs a metodologia utilizada, os materiais, as etapas e o fluxograma metodológico; no Capítulo 3 tratou-se da caracterização das variáveis físicas, dentre elas, o clima, a geologia, geomorfologia vegetação, solos e a análise morfométrica da bacia, uma técnica que contribuiu para entender a “vocalização” da bacia em gerar inundações; e das variáveis socioeconômicas: renda, densidade demográfica, padrão de moradias e etc.; o Capítulo 4 é específico para a descrição da técnica da álgebra de mapas e é o capítulo que apresenta os Produtos deste trabalho, requisito para a conclusão do Mestrado em Planejamento Ambiental, tais como: os Mapas de Suscetibilidade a Inundações, o Mapa de Vulnerabilidade Social e o Mapa de Riscos de Inundação da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu; por fim, as Considerações Finais em que se discute as questões levantadas e se propõe medidas para o prosseguimento do gerenciamento dos riscos de inundação e, finalizando, se apresenta as Referências consultadas.

Deste modo, esta dissertação espera fomentar reflexões, que resultem em melhorias da gestão sustentada do território; inclusive, contribuir para a implantação de diretrizes

socioambientais, para o controle e racionalização da expansão urbana, para a elaboração de zoneamentos ambientais e urbanísticos, inspirar o gestor público a programar medidas de restrição para a ocupação de áreas de risco e induzir a população adotar boas práticas de convivência, além de estabelecer normas técnicas de uso e desenvolver ações voltadas à eliminação de riscos e redução da vulnerabilidade em áreas já ocupadas.

CAPÍTULO 1. ABORDAGEM TEÓRICO-CONCEITUAL

A problemática ambiental vem preocupando os dirigentes das nações do mundo desde o encontro ocorrido em Estocolmo em 1972. Naquele evento, constatou-se que a degradação ambiental era uma questão planetária. O tema emergente, nessa ocasião, era a poluição industrial. Com o passar do tempo, observou-se que as decisões tomadas (ou não tomadas) não foram capazes de mitigar esta situação; assim, a problemática ambiental continuou a crescer. Conseqüentemente, os desastres naturais aumentaram e passaram a atingir cada vez mais as populações, alcançando com mais intensidade, principalmente, as mais carentes. No Brasil não foi diferente. De acordo com CRED¹ e UNISDR² (2016) *apud* Viana e Jhonsson (2017):

No Brasil, os desastres afetaram 51 milhões de pessoas entre 1995 e 2015, causando enormes prejuízos; por essa razão, o país foi o único da América Latina a ser incluído na lista da Organização das Nações Unidas – ONU como um dos 10 países com maior número de afetados por desastres relacionados ao clima (CRED e UNISDR, 2016 *apud* VIANA e JOHNSON, 2017 p. 20).

Assim, o reconhecimento por estes organismos internacionais da situação no país reforça a necessidade da implementação, de fato, do gerenciamento dos riscos de desastres naturais no Brasil.

Deste modo, reconhecendo o aumento exponencial dos danos humanos, materiais e ambientais, associados aos desastres naturais, ao longo das últimas décadas, a ONU buscou promover debates sobre a temática visando potencializar esforços para a redução destes fenômenos ambientais. Por isso, de acordo com a EM-DAT³, (2015); Banco Mundial, (2015) *apud* Viana e Jhonsson (2017) a “ONU declarou a década de 1990/2000 como a década internacional para a redução dos desastres naturais”. Também, como parte das ações para a redução de desastres naturais, em 1994 foi realizada, em Yokohama no Japão, a Primeira Conferência Mundial sobre a Redução de Desastres que resultou no documento intitulado:

¹ CRED - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

² UNISDR - United Nations Office for Disaster Risk Reduction

³ EM-DAT - Emergency Events Database

Esforço global para criar uma cultura de redução de riscos, preparação e prevenção. No ano de 1999, também foi criado o Escritório das Nações Unidas para a Redução de Riscos de Desastres - EIRD (UNISDR, na sigla em inglês), vinculado à ONU e dedicado ao estudo e o financiamento de iniciativas que visavam subsidiar ou atuar na prevenção de desastres, promovendo o intercâmbio de experiências entre as regiões e países afetados.

De acordo com a UNISDR (2015) *apud* Viana e Johnsson (2017), em 2005, houve uma Segunda Conferência Internacional, em Hiogo, Japão, tendo como produto o Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Construindo resiliência nas nações e nas comunidades frente aos desastres. Mais recentemente, no ano de 2015, foi realizada no Japão, na cidade de Sendai, a Terceira Conferência para debater o tema. Como resultados desta Conferência, além de avaliar os resultados da implementação do Marco de Ação de Hyogo, os participantes produziram um documento com novas diretrizes para a Redução do Risco de Desastres, intitulado: Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015-2030. Este novo marco, teve como objetivo subsidiar a adequação de legislações e procedimentos técnicos necessários para viabilizar o cumprimento das metas estabelecidas no Marco de Sendai. A UNISDR (2015) *apud* Viana e Johnsson (2017) enfatizou:

Se anteriormente, as políticas públicas tinham enfoque no gerenciamento do desastre, a evolução histórica do tratamento desta temática fortaleceu o entendimento de que é necessário enfatizar a gestão de risco de desastres, que envolve um conjunto de decisões administrativas, de organização e de conhecimentos operacionais desenvolvidos pelas sociedades e comunidades para implementar políticas, estratégias e fortalecer suas capacidades a fim de reduzir os impactos de ameaças naturais e de desastres tanto ambientais quanto tecnológicos (UNISDR, 2015 *apud* VIANA e JOHNSSON, 2017 p. 22).

De fato houve um grande avanço na mudança de enfoque, dando-se maior destaque para as ações de prevenção àquelas de gerenciamento de respostas aos desastres. Deste modo, a avaliação dos riscos surge como uma primeira etapa no gerenciamento dos riscos.

Segundo Viana e Johnsson (2017), neste Encontro em Sendai, foram propostas medidas de promoção da transição do paradigma do gerenciamento dos desastres, com enfoque na resposta, para a abordagem da gestão dos riscos de desastres, com enfoque na preparação e na prevenção, enfatizando cinco áreas prioritárias: 1) tornar a redução dos riscos uma prioridade; 2) conhecer os riscos e agir; 3) aumentar entendimento e conscientização; 4) reduzir riscos de desastres; e, 5) estar preparado para agir. Neste documento, estabeleceu-se que, para o Novo Marco ser adotado, de forma bem-sucedida, é necessário forte comprometimento e envolvimento político, com foco em quatro prioridades: i) entender os riscos de desastres; ii)

fortalecer o gerenciamento dos riscos; iii) investir na redução dos riscos e na resiliência, além de iv) reforçar a prevenção de desastres e dar respostas efetivas. O Novo Marco Global também estipulou sete metas a serem alcançadas nos próximos quinze anos, entre as quais se destacam a redução substancial da mortalidade global em desastres, a diminuição do número de pessoas afetadas e das perdas em relação ao Produto Interno Bruto (PIB) global; e, especificamente, aumentar substancialmente a disponibilidade e o acesso a sistemas de alerta precoce para vários perigos e as informações e avaliações sobre o risco de desastres para o povo até 2030.

Este marco está sendo guiado pelos seguintes Princípios Norteadores, entre eles, e de maneira resumida, estão: 1) redução do risco de desastres deve ser uma preocupação comum a todos os Estados; 2) as responsabilidades precisam ser compartilhadas pelos governos centrais e por autoridades, setores e partes interessadas nacionais; 3) a gestão do risco de desastres deve estar destinada a proteger as pessoas e seus bens, além do patrimônio cultural e ambiental; 4) a redução do risco de desastres exige engajamento e cooperação de toda a sociedade. Exige, também, empoderamento e participação inclusiva, acessível e não-discriminatória, com especial atenção para as pessoas desproporcionalmente afetadas por desastres, especialmente os mais pobres; 5) a redução e gestão do risco de desastres dependem de mecanismos de coordenação intra e Intersetoriais; 6) é necessário habilitar as autoridades e comunidades locais para reduzir o risco de desastres, inclusive por meio de recursos, incentivos e responsabilidades de tomada de decisões; 7) a redução do risco de desastres requer uma abordagem para vários perigos; 8) o desenvolvimento, o fortalecimento e a implementação de políticas, planos, práticas e mecanismos precisam visar a coerência, conforme necessário, entre as agendas de desenvolvimento sustentável e crescimento, segurança alimentar, saúde e segurança, mudanças e variabilidade climática, gestão ambiental e redução de risco de desastres; 9) os riscos de desastres têm características locais e específicas que devem ser compreendidas para determinar as medidas de redução do risco de desastres.

Cabe destacar também que, reconhecendo que o aumento dos riscos de desastres está diretamente relacionado à maneira como as cidades lidam com a gestão do território, a ONU, em 2010, lançou a campanha “Construindo Cidades Resilientes – Minha Cidade está se preparando!”, visando incentivar os gestores municipais a adotar ações que tornem suas cidades mais resilientes aos desastres. “Dentre elas, mais de 300 cidades estão em território brasileiro e vêm buscando aperfeiçoar seus procedimentos para a prevenção de desastres” (VIANA, 2016 *apud* VIANA e JOHNSON, 2017 p. 28). Destaca-se que, em abril de 2017, durante o Workshop em Salvador, a cidade foi alçada a condição de Cidade Resiliente (SALVADOR, 2017), assumindo compromissos para alcançar as condições preconizadas pela ONU.

Deste modo, a ameaça de desastres é bem real e sua mitigação perpassa pelo início da gestão dos riscos de desastres naturais; passa pelo conhecimento das ameaças e a avaliação dos riscos associados. Portanto, a proposta deste estudo está alinhada com esse novo paradigma por propor, justamente, a avaliação dos riscos de uma ameaça bem recorrente: inundações urbanas, como início do processo de gestão dos riscos naturais.

1.1 DESASTRES NATURAIS E AS INUNDAÇÕES

Os eventos extremos fazem parte da dinâmica climática de uma região, e tornam-se desastres quando “superam a capacidade material de uma determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos” (GONÇALVES, 2003 *apud* PEREZ FILHO, 2006 p. 44). Podemos distinguir desastres de catástrofes naturais. “O desastre é um evento nocivo para uma determinada população, mas cujas superações são possíveis, já nas catástrofes, as populações atingidas não conseguem superar os resultados sem ajuda externa (NUNES, 2015 p.14).”

Deste modo, podemos concluir que, só são chamados desastres ou catástrofes naturais aqueles que ocorrem em áreas ou regiões habitadas pelo homem, causando-lhes danos. Por isso, nem todo evento natural que atinge algum grupo humano pode ser considerado um desastre ou catástrofe; a gravidade dele dependerá da magnitude do impacto que o risco provoca na sociedade e no meio ambiente. Segundo Tominaga *et al.* (2009), para ser considerado desastre tem que ocorrer pelo menos um dos seguintes fatos:

- 10 ou mais óbitos;
- 100 ou mais pessoas afetadas;
- Declaração de estado de emergência;
- Pedido de auxílio internacional.

Desta forma, para que um desastre seja reconhecido como tal, precisa, além destas estatísticas funestas, a necessidade de um reconhecimento e de um pedido formal por parte das autoridades públicas locais a órgãos de auxílio internacionais. Existem muitos tipos de desastres, é certo, e já surgiram muitas formas de classificá-los. De acordo com Saussen e Lacruz (2015):

No Brasil, atualmente, a classificação de desastres segue a Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE, instituída por meio da Instrução Normativa nº 1, de 24 de agosto de 2012, em substituição à Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos - CODAR, até então utilizada (SAUSSEN e LACRUZ, 2015 p.120).

Esta classificação foi elaborada a partir daquela utilizada pela EM-DAT, do Centro para Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres - CRED e da Organização Mundial de Saúde - OMS. Esta classificação separa os desastres em Naturais e Tecnológicos. Dentre os desastres naturais, há a distinção entre os hidrológicos e os geológicos; a inundação está classificada dentro do grupo hidrológico. A Tabela 1 apresenta uma parte da Codificação Brasileira, considerando apenas a Categoria Desastre Natural, onde se insere o grupo dos desastres de natureza hidrológica, objeto desta pesquisa.

Tabela 1. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)			
CATEGORIA	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO
NATURAL	GEOLÓGICO	TERREMOTO	Tremor de Terra Tsunami
		VULCANISMO	
		MOVIMENTO DE MASSA	Queda, rolamento, tombamento
			Deslizamentos
			Corridas de massa
			Subsídências e Colapsos
			Erosão Costeira/Marinha
		EROSÃO	Erosão de margem fluvial
			Erosão continental
		HIDROLÓGICO	INUNDAÇÃO
	ENXURRADA		
	ALAGAMENTO		
	METEOROLÓGICO	SISTEMA DE GRANDE ESCALA	1. Ciclones
			2. Frentes frias/zonas de convergência
		TEMPES TADES	Tempestade Local/Convectiva
			TEMPERATURAS EXTREMAS
	CLIMATOLÓGICO	SECA	
			2. Seca
			3. Incêndio
			4. Baixa umidade do ar
BIOLÓGICO			EPIDEMIAS
	2. Doenças infecciosas virais		
	3. Doenças infecciosas parasíticas		
	4. Doenças infecciosas fúngicas		
INFESTAÇÕES E PRAGAS		Animais	
		Algas	

Fonte: BRASIL, 2017
Adaptação: SILVA, C.R.P.

De acordo com Saussen e Lacruz (2015), os desastres naturais de natureza hidrológica são desencadeados pela conjugação de processos ambientais (precipitação intensa sobre determinados tipos de litologias e de solos que dificultam a infiltração das águas superficiais; topografia acidentada; desmatamento intensivo e etc.) e processos socioeconômicos (urbanização generalizada, aumento da densidade demográfica, desmatamentos intensivos e impermeabilização do solo). Deste modo, percebe-se que para o estudo destes tipos de desastres, é necessário conhecer não só os processos naturais como os processos ligados às atividades humanas. Cabe também reconhecer que algumas áreas são mais predispostas (suscetíveis) a desastres que outras devido à ocorrência concomitante de todos ou de alguns dos aspectos supracitados. Cabe ressaltar que os impactos ocasionados pelos desastres podem ser acentuados por outros fatores como: a falta de infraestrutura urbana, falta de políticas públicas efetivas de saneamento ambiental e de prevenção e respostas a eventos danosos.

Dentre os desastres naturais, as inundações ocupam lugar de destaque em todas as estatísticas mundiais. “Nos últimos 20 anos, dois em cada cinco desastres naturais no planeta foram causados por inundações e dentre os maiores desastres naturais ocorridos, entre 1994 e 2003, as inundações são os mais comuns e representam um terço do total” (NUNES, 2015). De acordo com Hora e Gomes (2009), as inundações representam um dos fenômenos naturais mais ocorrentes no mundo, afetando numerosas populações em todos os continentes. Realmente, as estatísticas mundiais demonstram a importância e a recorrência deste fenômeno no planeta. A América do Sul também apresenta esse mesmo cenário. A Figura 1 apresenta os dados dos eventos naturais danosos em âmbito global entre 1994 e 2003. Verifica-se que o fenômeno das inundações ocupa um espaço bem significativo.

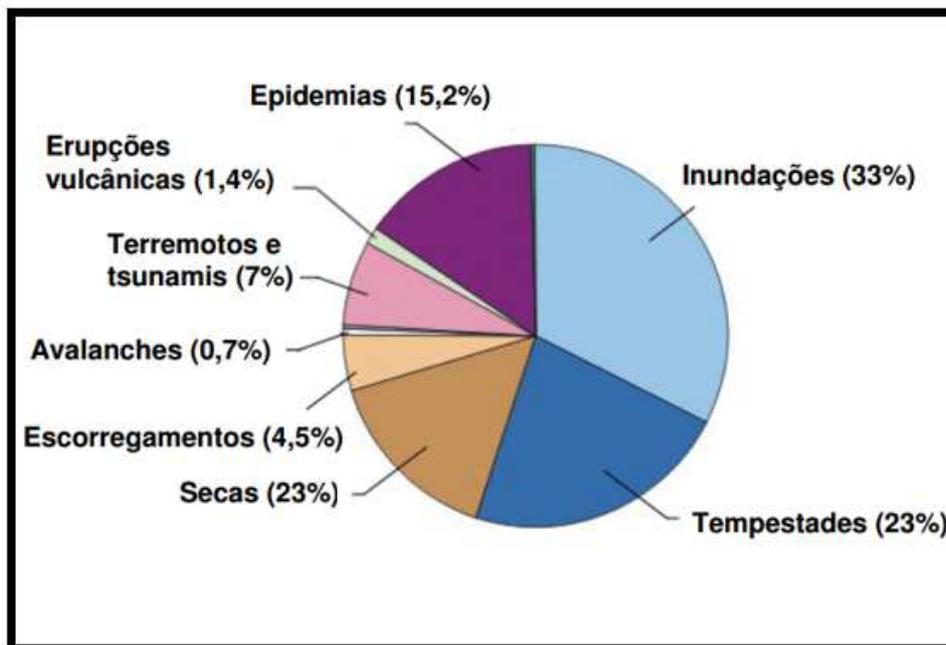


Figura 1. Eventos Naturais Danosos Mundiais entre 1994 a 2003
Fonte: NUNES, 2015.

Segundo Hora e Gomes (2009), na América do Sul, entre os anos de 1973 a 2002, foram registrados cerca de 240 eventos de inundação, isso faz com que a região se destaque como a terceira no mundo com maior número de incidência de inundações. De acordo com Silva e Ferreira (2016), o Brasil também está entre os países em que estes desastres são bastante comuns. A Tabela 2 exibe os desastres naturais no Brasil entre 1948 e 2015, divididos por tipo. Observa-se que as inundações se destacam em número de ocorrências, total de óbitos, afetados e danos totais.

Tabela 2. Desastres Naturais entre 1948 e 2015

Ano/Período	Tipo de Desastre	Ocorrência	Óbitos Total	Afetados Total	Danos Totais (R\$)
1970-2014	SECAS	18	20	78.812.000	11.813.100
1986-2007	TREMORES	2	2	23.286	5.000
1974-2011	EPIDEMIAS	16	2.217	1.982.376	0
1968-2010	T°C EXTREMAS	8	355	600	1.075.000
1948-2015	INUNDAÇÃO	130	7.373	20.050.545	9.114.254
1991	PRAGAS	1	31.837	200	0
1956-2015	DESLIZAMENTOS	24	22.647	4.238.314	231.027
1949-2013	TEMPESTADES	18	33.239	226.956	531.000
1998-1999	INCÊNDIOS	3	27.030	60.004	36.000
1948-2015	TODOS	220	36.161	105.396.081	R\$ 22.175.381

Fonte: SILVA e FERREIRA, 2016.
Adaptação: SILVA, C.R.P.

Nunes (2015) apresentou dados que corroboraram com o fato das inundações serem recorrentes, causando prejuízos econômicos e óbitos na região. A Tabela 3 apresenta os maiores desastres em relação a número de óbitos na América do Sul. Observa-se que as inundações aparecem em três ocasiões e, em uma delas, o Brasil é o protagonista.

Tabela 3. Os 20 maiores desastres na América do Sul em termos de óbitos

	PAÍS	DESASTRE	DATA	ÓBITOS
1	PERU	TERREMOTO	mai/70	66.794
2	VENEZUELA	INUNDAÇÃO	112/99	30.000
3	COLÔMBIA	VULCÃO	nov/85	21.800
4	PERU	EPIDEMIAS	ago/91	8.000
5	CHILE	TERREMOTO	mai/60	6.000
6	EQUADOR	TERREMOTO	mar/87	5.000
7	PERU	MOV. DE MASSA SECA	jan/62	2.000
8	PERU	EPIDEMIAS	jan/91	1.726
9	BRASIL	EPIDEMIAS	jan/74	1.500
10	COLÔMBIA	TERREMOTO	jan/99	1.186
11	BRASIL	INUNDAÇÃO	jan/67	785
12	PERU	EPIDEMIAS	jan/92	690
13	COLÔMBIA	MOV. DE MASSA ÚMIDA	set/87	640
14	CHILE	INUNDAÇÃO	jul/65	600
15	PERU	MOV. DE MASSA ÚMIDA	mar/71	600
16	PERU	TERREMOTO	ago/07	593
17	COLÔMBIA	TERREMOTO	dez/79	579
18	PERU	TEMPESTADE	dez/97	518
19	BRASIL	MOV. DE MASSA ÚMIDA	mar/67	436
20	COLÔMBIA	TERREMOTO	nov/70	430

Fonte: NUNES, 2015

No país, segundo o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET – as inundações e enxurradas (desastres hidrológicos) respondem por um terço dos eventos naturais danosos. Pode-se observar, pela Figura 2, este fato, entre os anos de 1991 a 2012.

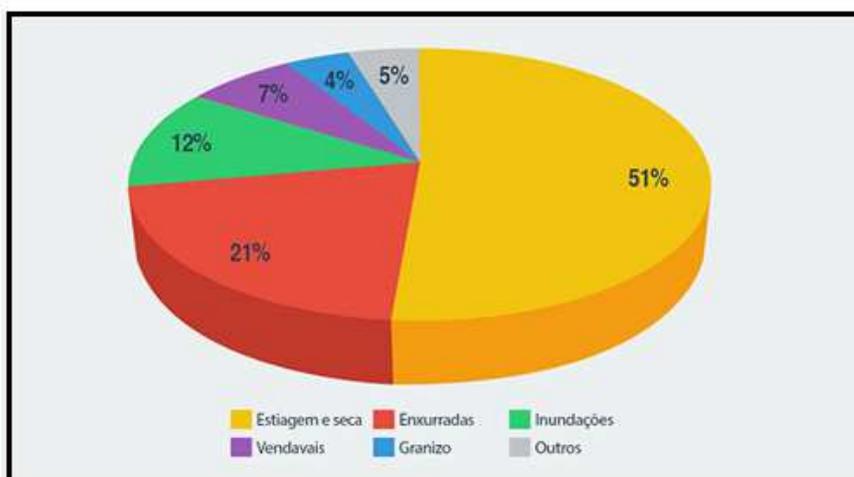


Figura 2. Eventos naturais danosos mais recorrentes no Brasil. Registros de 1991 a 2012.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: out.2016

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Na Bahia, a seca e a estiagem, historicamente, são os motivos de maior preocupação por parte do poder público, mas, não se pode ignorar os outros tipos de eventos naturais desastrosos de cunho hidrológico como a enxurrada no município de Lajedinho, em dezembro de 2013, na Chapada Diamantina, que ceifou a vida de muitos habitantes, além de imensos prejuízos econômicos para a região. Destaca-se também que perto de 50 mil pessoas na Bahia perderam suas casas entre 2008 e 2012 devido aos desastres naturais provocados por chuvas fortes, deslizamentos de terra e alagamentos (BRASIL. Acesso em: mai.2016).

Com relação à capital baiana, eventos relacionados com acúmulo das águas, também são motivos de preocupação, sendo registrados inúmeros eventos ao longo dos anos. Quanto à situação na área de estudos, a Figura 3 apresenta a distribuição de alagamentos, por bairros, inseridos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

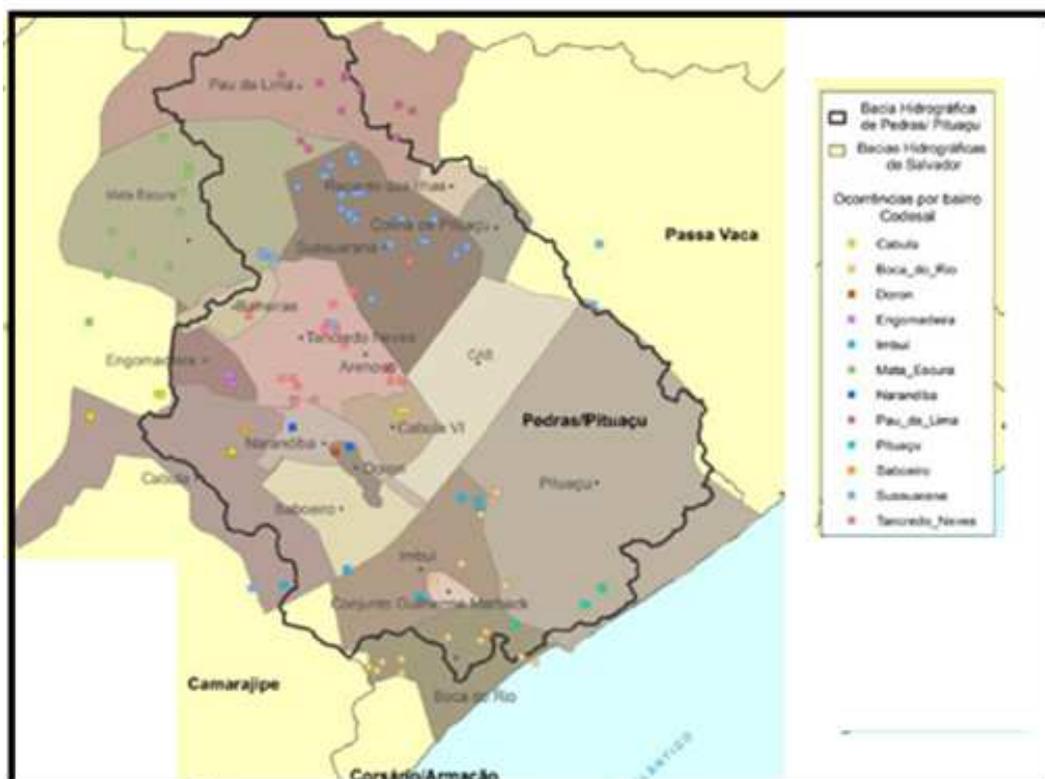


Figura 3: Distribuição das ocorrências de alagamentos na área de estudo
Fonte: ROCHA e FERNANDES, 2014

Para compreender os processos que proporcionam os eventos danosos relacionados com as águas no tempo e no espaço é importante entender e diferenciar alguns conceitos relacionados; tais como: inundações, enxurradas, alagamentos e enchentes. A COBRADE (BRASIL e) estabeleceu os seguintes conceitos:

Inundação é a submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.

Enxurradas é o escoamento superficial, de alta velocidade e energia, provocadas por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracteriza-se pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial.

Alagamentos: São caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e conseqüente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas nas cidades, em decorrência de precipitações intensas.

Quanto às cheias ou enchentes, são fenômenos totalmente naturais, ocasionados puramente pelas águas das chuvas e ocorrem pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasá-lo (TUCCI, 2008. p.107). A Figura 4 apresenta a relação entre os conceitos de enchentes e inundação.

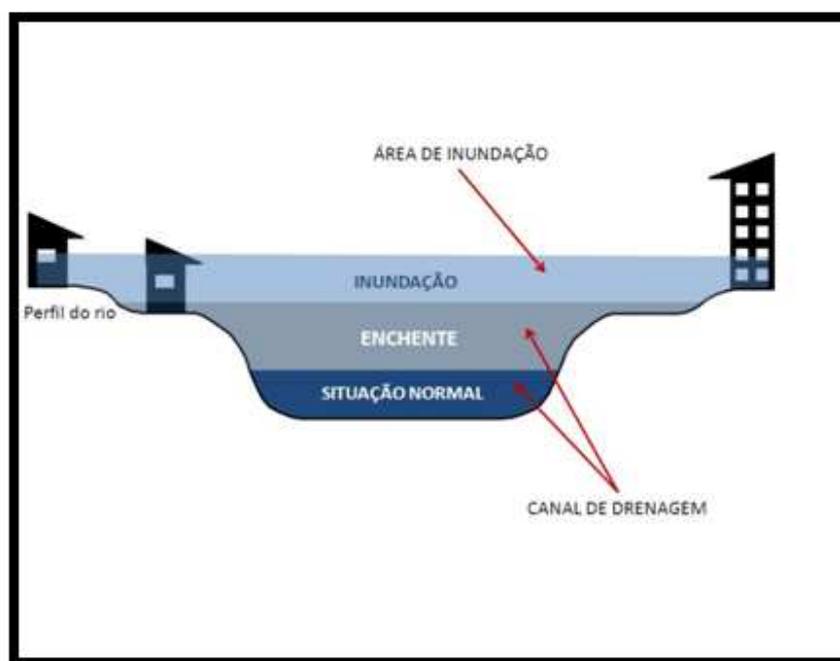


Figura 4: Diferenciação dos Fenômenos de Inundação e Enchente
Fonte: DIONÍSIO, 2014.

De acordo com Castro (2007) *apud* Saussen e Lacruz (2015):

As inundações são características de grandes bacias de drenagem e de rios de planícies sendo nitidamente cíclicas e sazonais, com as águas se elevando de forma paulatina e previsível, mantendo-se em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoando gradualmente. Já as enxurradas são provocadas por chuvas intensas e concentradas em um curto período de tempo, em regiões de relevo acidentado, caracterizando-se pela produção de súbitas e violentas elevações de caudais, que em seguida, escoam de forma rápida e intensa. Ao contrário das inundações, as enxurradas em geral, ocorrem em bacias ou subbacias de médio a pequeno porte, sendo o fenômeno circunscrito a uma pequena área. (CASTRO, 2007 *apud* SAUSSEN e LACRUZ, 2015 p. 121).

Percebe-se que o autor utilizou inundação e enchente como sinônimos, contrapondo à enxurrada. Porém, esta pesquisa adota os conceitos da codificação brasileira atual. Assim, o que Castro denominou de inundação, corresponde, nesta pesquisa, ao conceito de enchente; e o conceito de enxurrada corresponde ao de inundação. Portanto, é importante diferenciar os conceitos relacionados a estes fenômenos, pois, apesar de produzirem praticamente os mesmos efeitos, possuem causas desiguais e, portanto, abordagens conceituais e metodológicas distintas, além de prescrição de ações de prevenção e de mitigação, diferentes.

1.2 RISCO, VULNERABILIDADE E DEMAIS CONCEITOS RELACIONADOS

A noção do risco, como probabilidade, é um conceito bem difundido no meio acadêmico e no meio empresarial, diferente do uso cotidiano, em que o risco é tratado ou confundido, muitas vezes, apenas no seu sentido de perda. Há autores que consideram o risco como um constructo eminentemente social, ou seja, é uma percepção humana. Risco, neste sentido, seria a “percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos, da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse indivíduo ou grupo” (ALMEIDA, 2012 p.25).

Neste trabalho, risco tem o sentido de probabilidade de prejuízos em razão de acontecimentos incertos, que independe da vontade dos envolvidos. Este risco, no sentido ambiental, refere-se à probabilidade de eventos perigosos causarem consequências indesejadas a uma área habitada, transformando um fenômeno natural em desastre (OGURA e MACEDO, 2002 *apud* SILVA e FERREIRA, 2016 p.9).

O risco traz embutido um outro conceito. Sabe-se que a reação de uma comunidade às inundações não é uniforme, considerando a população como um todo; o modo de reagir a este evento dependerá das condições econômicas, sociais, educacionais e políticas da comunidade

afetada; por isso, emergiu o conceito da vulnerabilidade social. Portanto, a noção de risco, aqui tratada, está relacionada à suscetibilidade ao perigo e à vulnerabilidade da população envolvida. Usualmente, para equacionar o risco ambiental, adota-se a seguinte função: $R = f(H \times V)$; em que o Risco (R) é função de H que é Perigo (Hazard, o vocábulo pertinente, utilizado na língua inglesa) e V é vulnerabilidade. Assim, o risco será função do perigo causado por uma ameaça (no caso desta pesquisa, é a inundação) que uma sociedade está submetida, multiplicada pelo seu grau de vulnerabilidade. Nesse sentido, a “vulnerabilidade não é uma essência ou algo inerente a algumas pessoas ou a alguns grupos, mas diz respeito a determinadas condições e circunstâncias que podem ser minimizadas ou revertidas” (PAULILO e JEOLÁS, 1999 p.1 *apud* MONTEIRO, 2012 p. 32). A vulnerabilidade é um dos aspectos sempre analisados para a avaliação dos riscos em inundações, ela indica também uma situação ou estado futuro. “A vulnerabilidade passa a ser compreendida a partir da exposição a riscos de diferentes naturezas, sejam eles econômicos culturais ou sociais, que colocam diferentes desafios para seu enfrentamento” (VIGNOLI, 2001; CAMARANO et al., 2004 *apud* MONTEIRO, 2012 p.32).

A vulnerabilidade social diz respeito, evidentemente, à condição dos homens e dos bens que ela concentra, mas implica, frequentemente, também, naquela dos seus poderes, da sua imagem e da sua irradiação. “Ela é variável e decorre de uma miríade de fatores que tornam os grupos mais ou menos suscetíveis aos impactos derivados de riscos diversos, que se formam nos contextos urbanos” (MENDONÇA e LEITÃO, 2009 p.149). Por isso, com relação à vulnerabilidade da população, é preciso estar atento a dois aspectos importantes: primeiro a parcela da população que está exposta e segundo as perdas que podem advir do evento. Nos países em desenvolvimento, vulnerabilidade social tem causas bem conhecidas. Ela se potencializa fortemente por causa da pobreza. Segundo Almeida (2012), em países de baixo Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, os mais carentes ocupam os locais sujeitos a perigos naturais e/ou tecnológicos; assim, a concentração populacional nas cidades, os impactos econômicos dos desastres, as carências na infraestrutura e serviços, as características sociais como: gênero, idade, classe e etc. a degradação ambiental, a corrupção, as decisões político-partidárias, a carência de programas sociais, dentre outros, combinados criam as condições para o mais elevado grau de vulnerabilidade.

A seguir, estão expostos outros conceitos que precisam estar claramente definidos porque serão, nesta pesquisa, adotados, seguindo as definições construídas pela UNISDR (2009).

- Desastre - Uma séria interrupção na operação de uma comunidade ou sociedade que causa um grande número de mortes, bem como perdas e impactos materiais, econômicos e ambientais que excedam a capacidade da comunidade ou sociedade envolvida para fazer enfrentamento da situação através do uso de seus recursos próprios;
- Risco de desastre - As possíveis perdas que ocasionaria o desastre em termos de vidas perdidas, das condições de saúde, dos meios de subsistência, da propriedade e de serviços, que poderiam ocorrer em uma comunidade ou sociedade em um período específico de tempo;
- Ameaça natural - Um fenômeno, substância, atividade humana ou condição perigosa que podem causar morte, lesões ou outros impactos para a saúde, bem como, danos à propriedade, perda de meios de subsistência e serviços, distúrbios sociais ou econômicos, ou danos ambientais;
- Perigo - Significa a probabilidade de ocorrência, dentro de um período específico de tempo em uma determinada área, de uma ameaça natural.
- Suscetibilidade – Propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo em uma dada área;
- Resiliência - Expressa a capacidade de uma comunidade exposta ao perigo e ao risco em resistir, absorver, adaptar-se e recuperar-se dos efeitos de um evento, em tempo adequado e de forma eficaz, o que inclui a preservação e a restauração de suas estruturas e funções básicas.

Portanto, o risco que esta pesquisa trata está relacionado com as geociências e com enfoque em processos de inundação, trazendo embutida a noção da suscetibilidade e da vulnerabilidade social.

1.3 AVALIAÇÃO DE RISCO DE DESASTRES NATURAIS

Segundo Tominaga *et al.* (2009), desde a década de 1960, destacaram-se os estudos de Gilbert White sobre os perigos naturais, os quais, envolveram a avaliação do risco de desastres com foco na identificação dos processos socioeconômicos e dos processos físico-naturais (geomórficos) envolvidos, além dos seus parâmetros de análise: magnitude, frequência e duração. A partir da década internacional de combate aos desastres naturais (de 1990 a 2000), houve um grande avanço em pesquisas e propostas metodológicas com este enfoque. Assim, a

avaliação de riscos foi reconhecida como uma etapa fundamental para o desenvolvimento de estratégias para a redução dos desastres naturais. Segundo a UNISDR (2009), a avaliação de risco de desastre inclui as seguintes etapas:

- Identificação de Perigos; uma revisão das características técnicas dos perigos, tais como a localização, intensidade, frequência e probabilidade;
- Análise da Vulnerabilidade: abordagem da exposição, incluindo as dimensões física, social, sanitária, ambiental e econômica;
- Avaliação da eficácia das capacidades de enfrentamento prevalentes;
- Alternativas em relação a cenários de riscos prováveis.

Cabe destacar que, o escopo desta pesquisa não permitiu a análise destes dois últimos itens, deixando para futuras pesquisas o detalhamento da análise da resiliência social e as simulações de cenários de riscos.

Na abordagem atual da gestão dos riscos, a avaliação corresponde a uma etapa inicial, em que se estuda, analisa e mapeia os condicionantes naturais que corroboram para a geração de eventos de inundação. Concomitantemente, ao estudo destas suscetibilidades ambientais, investiga-se as variáveis sociais que mais contribuam para vulnerabilidade social. De acordo com Mariano (2007), nesta etapa são consideradas as fontes do risco, suas consequências positivas e negativas, assim como, a probabilidade de que ocorram; pode ser conduzida com vários graus de detalhamento, dependendo do tipo de risco, de seu propósito, bem como da informação e dos dados e dos recursos disponíveis. A inundação também envolve incertezas para a sua previsão, portanto é preciso estudos que as caracterizem no tempo e no espaço.

A avaliação de riscos pode ser entendida como uma representação detalhada do risco, seus fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais como também as suas consequências. A representação da avaliação dos riscos pode ser: Qualitativa, Semi-Quantitativa ou Quantitativa, ou também, uma combinação destas, a depender das circunstâncias. Na prática, de acordo com Mariano (2007) a análise qualitativa de risco é frequentemente usada primeiramente para a obtenção de indicações gerais dos níveis de risco e revelar os maiores riscos e as questões mais relevantes. Este tipo de análise usa palavras para descrever a magnitude das consequências potenciais e da probabilidade de que aquelas consequências venham a ocorrer. Estas escalas

podem ser adaptadas ou ajustadas para se adequarem às circunstâncias e descrições diferentes e podem ser usadas para diferentes riscos. Segundo Mariano (2007):

As análises qualitativas podem ser usadas como um filtro inicial para identificar os riscos que irão requerer uma análise mais detalhada em situações nas quais este tipo de análise for apropriado para a tomada de decisões ou nos casos em que os dados numéricos forem inadequados para uma análise quantitativa (MARIANO, 2007 p. 402).

Quanto a esta pesquisa, devido a seus propósitos, será utilizada a análise qualitativa para descrever os riscos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

A Avaliação de Riscos é uma técnica muito versátil e aplicada de diversas maneiras com o sentido de entender os impactos de problemas ambientais. Assim, Nodari e Guerra (2001) aplicaram a metodologia para avaliar o risco das plantas transgênicas; Brasil de Almeida *et al.* (2005) utilizaram-no para avaliar os riscos no trabalho em atividades de enfermagem; Moreira e Moreira (2004) trabalharam com a importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde etc. Tominaga *et al.* (2009) usou para a avaliação de deslizamentos de terra em São Paulo.

Decorrente da avaliação de riscos, é preciso se familiarizar com os seguintes termos: **Gerenciamento de riscos de desastres:** é o processo sistemático de usar diretrizes administrativas, organizacionais, habilidades e capacidades operacionais para implementar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, a fim de reduzir o impacto adverso de riscos naturais e a possibilidade de que ocorra um desastre.

Áreas de risco: são as áreas passíveis de serem atingidas por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais.

Deste modo, a avaliação de riscos é uma etapa da gestão dos riscos com objetivos de conhecer, caracterizar e espacializar as ameaças naturais, que no caso deste trabalho é a inundação para que a sociedade fique ciente dos perigos que corre e acione as suas representações em suas diversas instâncias (social, econômica e política) para que se adotem políticas de prevenção, mitigação e resposta a eventos danosos. Importante ressaltar que a avaliação dos riscos ambientais trata dos riscos decorrentes de processos naturais agravados pela atividade humana e pela ocupação do território, que, no caso deste estudo, é a Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

1.4 BACIAS HIDROGRÁFICAS

Para prevenir ou mitigar as inundações, que surgem como um dos mais graves e comuns problemas socioambientais atuais, é preciso planejamento, o qual é uma das etapas metodológicas da avaliação de riscos. A unidade ideal para o planejamento, quando se trata de assuntos relacionados com a água, é a bacia hidrográfica. Em 1997, por meio da Lei Federal 9.433, conhecida como a Lei das Águas, a União estabeleceu que a bacia hidrográfica seria, a partir daí, a unidade natural oficial do governo federal para gestão e planejamento dos recursos hídricos no Brasil. A Figura 5 exibe uma bacia hidrográfica e alguns de seus elementos principais.

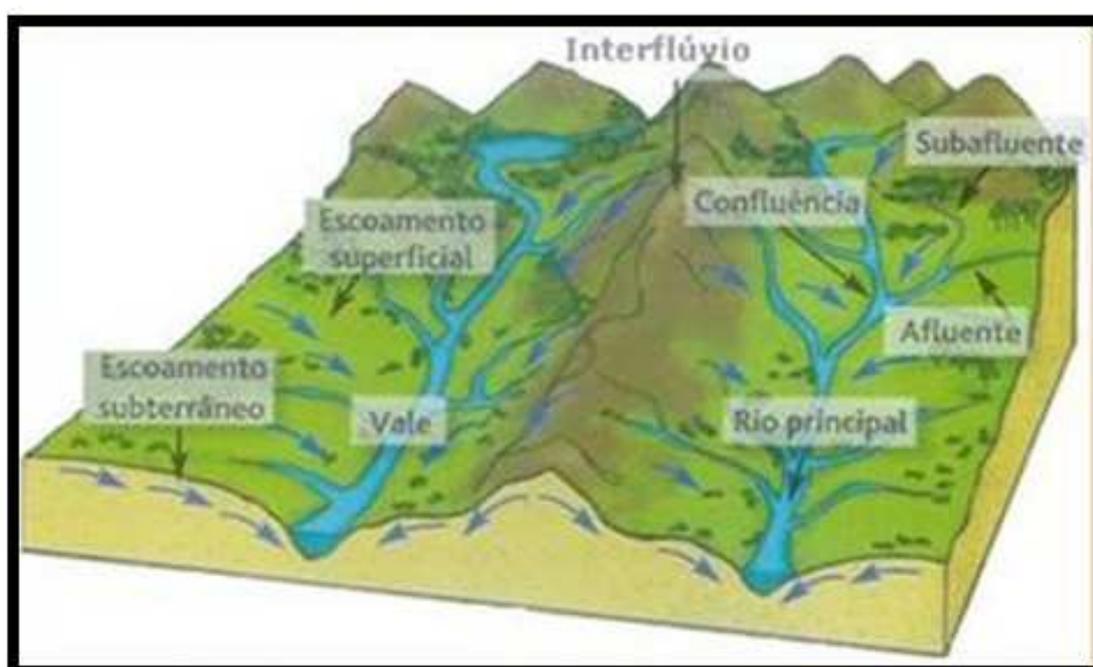


Figura 5: Bacia Hidrográfica e alguns dos seus elementos
Fonte: STEIN. 2017

As bacias hidrográficas são unidades espaciais de dimensões variadas, onde se organizam os recursos hídricos superficiais em função das relações entre a estrutura geológica e geomorfológica e as condições climáticas (CARVALHO, 2014 p.27). A bacia hidrográfica é tradicionalmente considerada como a unidade fisiográfica mais conveniente para o planejamento dos recursos hídricos, por constituir-se em sistema aberto de fluxo hídrico a montante do ponto onde a vazão do curso principal é medida. Portanto, “o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica pode ser avaliado por meio dos atributos fisiográficos inerentes à sua área e aferido através dos registros fluviométricos” (ROCHA E VIANNA, 2008

p.2). A Figura 6 apresenta, em três dimensões, a área da pesquisa: a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu com sua rede de drenagem.

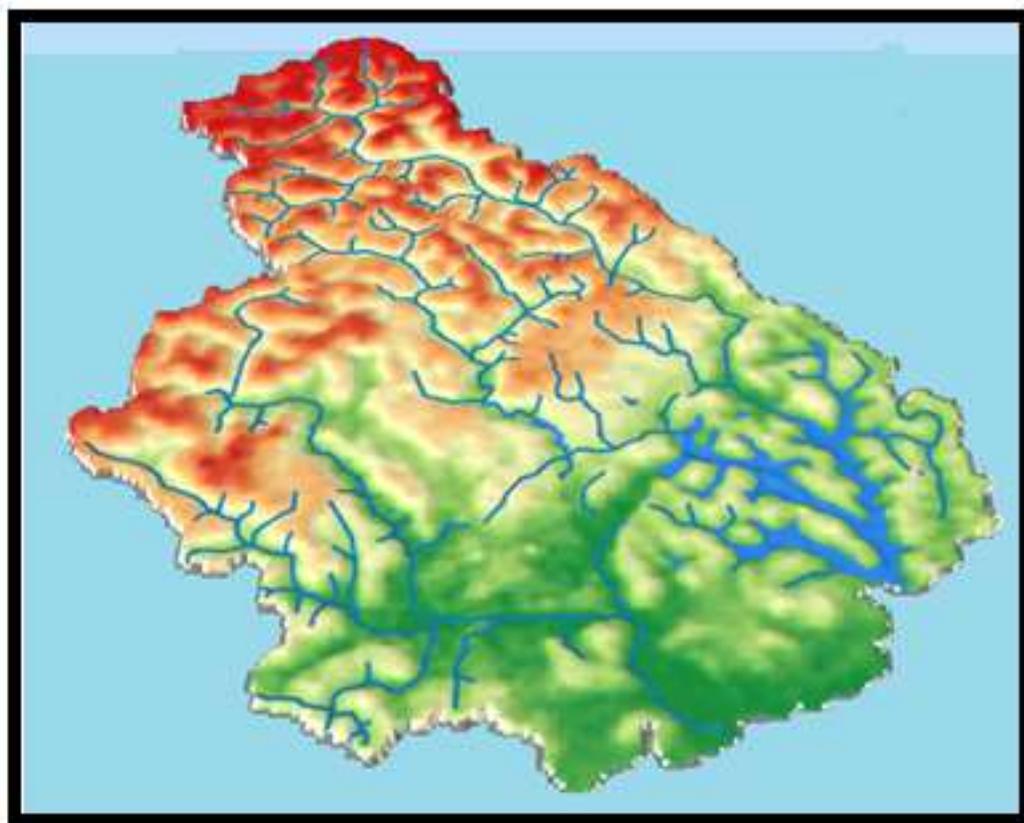


Figura 6: Visão tridimensional área de estudo com a rede de drenagem
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Muitos desastres naturais envolvendo as inundações ocorrem devido a interferência humana no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. O ciclo hidrológico representa a circulação contínua e a distribuição da água sobre a superfície terrestre, subsolo, atmosfera e oceanos, guiados pela radiação solar e pela gravidade. É na bacia hidrográfica que o ciclo hidrológico se completa. Na sua análise, considerando o recorte das bacias hidrográficas, ficam mais claros os impactos antrópicos resultantes. A Figura 7 ilustra este ciclo das águas dentro de uma bacia hidrográfica.

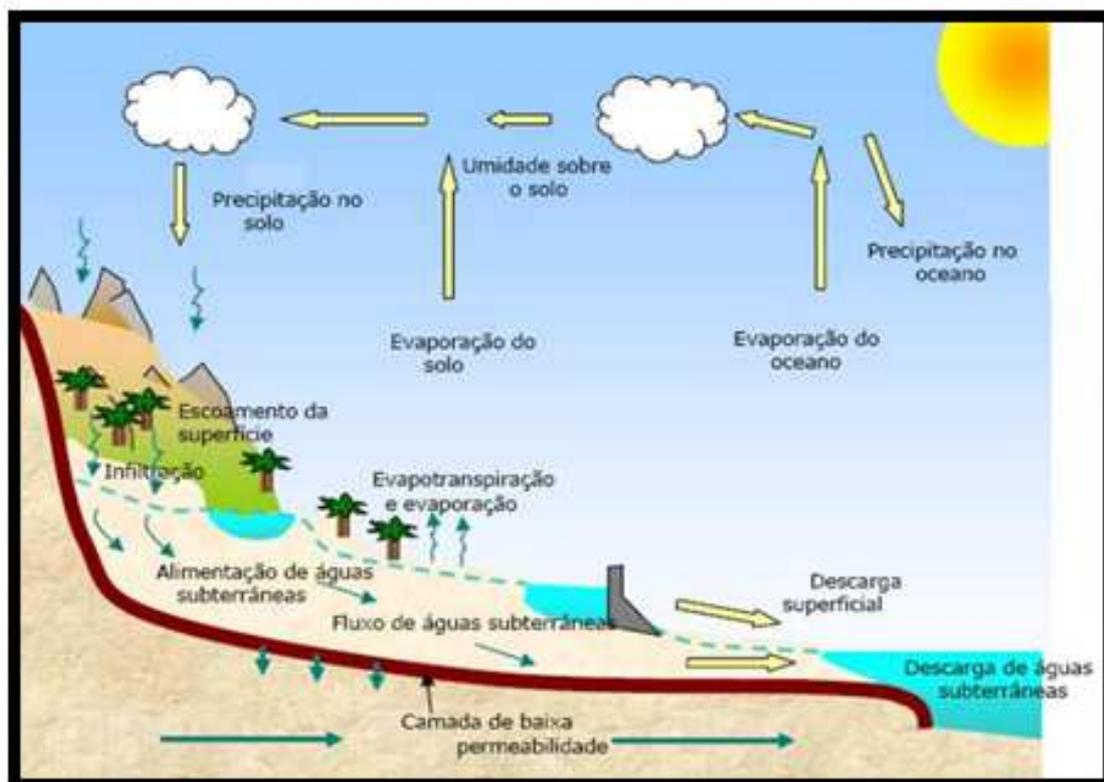


Figura 7: Ciclo Hidrológico e seus elementos
 Fonte: VAN DER VINNE. 2018

A divisão hidrográfica do Brasil obedeceu à lógica da divisão do território em grandes regiões hidrográficas. O país foi dividido em 12 regiões com o objetivo de facilitar o planejamento. O território baiano está inserido em duas destas regiões: A região do São Francisco, que é a própria bacia hidrográfica do Rio São Francisco e a região do Atlântico Leste, que é composta por um conjunto de bacias hidrográficas que drenam suas águas para o Oceano Atlântico. A Figura 8 apresenta essa divisão nacional em grandes regiões hidrográficas



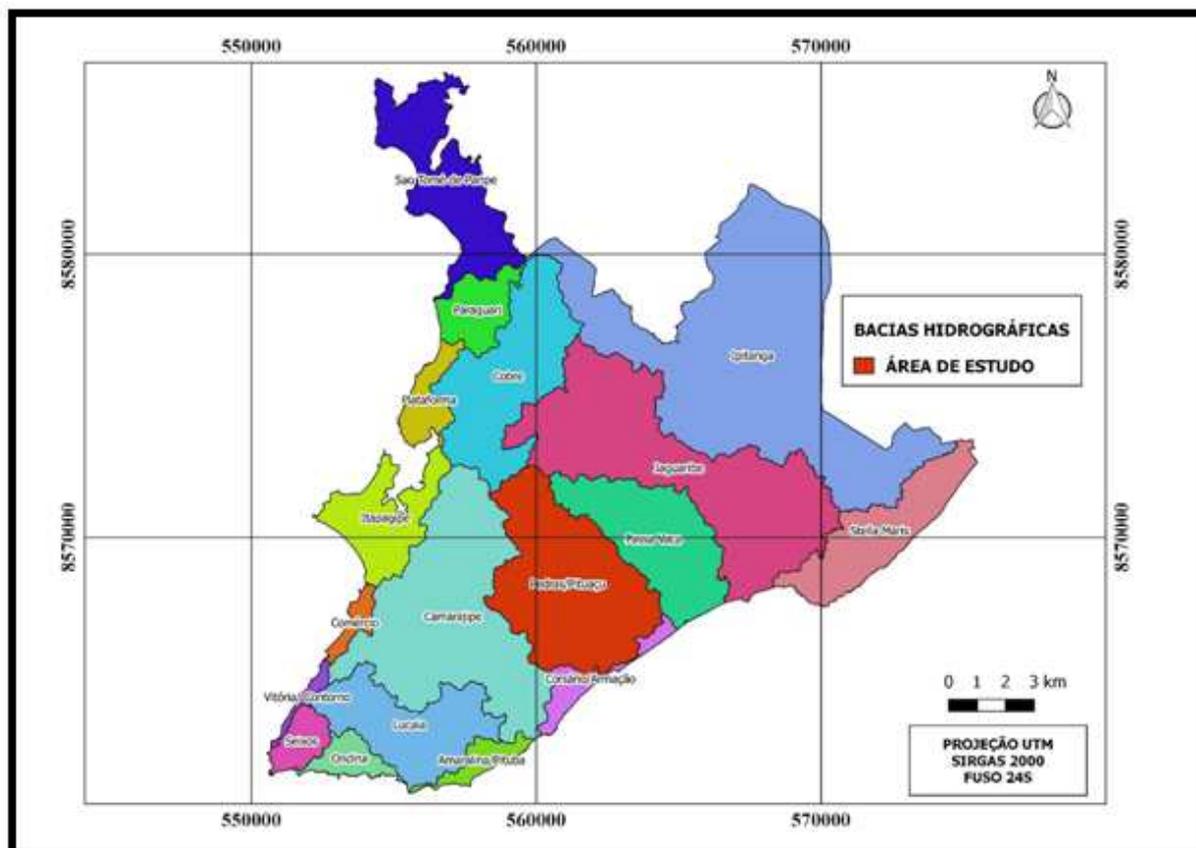
Figura 8: Regiões Hidrográficas do Brasil
 Fonte: BRASIL, jun.2017

A Bahia optou por um recorte hidrológico parecido com o Federal. O estado está dividido em 25 Regiões de Planejamento e Gestão das Águas - RPGAs. Algumas destas regiões coincidem com bacias hidrográficas, como as grandes bacias estaduais que drenam suas águas para o oceano Atlântico: Itapicuru, Paraguaçu e Contas, as quais são as três maiores bacias hidrográficas do Estado; também há duas bacias da região Oeste do estado, afluentes da margem esquerda do Rio São Francisco. Cabe notar que toda a parte oeste da Bahia está inserida na Bacia hidrográfica do Rio São Francisco. A Figura 9 ilustra o recorte hidrográfico adotado pelo Estado. Nele estão representadas todas as RPGAs (BAHIA, Acesso em: mar.2017). O município de Salvador está inserido, em termos do recorte hidrográfico estadual, na bacia do Recôncavo Norte, correspondendo à região XI.



Figura 9: Regiões Administrativas das Águas - RPGAs
Fonte: BAHIA. 2017

Diferente das instâncias políticas anteriores, o recorte administrativo definido pelo município de Salvador adotou as bacias hidrográficas e as bacias de drenagem como as unidades de gestão e de planejamento por meio do Decreto nº 27.111 de 22 de março de 2016. Este decreto delimitou o território do município de Salvador em 12 bacias hidrográficas e 9 de drenagem natural com o intuito de torná-las as unidades espaciais de referência para o planejamento, monitoramento e controle ambiental. O Mapa 1 apresenta esse recorte administrativo. Cabe destaque que não foram representadas, neste mapa, as ilhas que compõe o município de Salvador.



Mapa 1. Bacias Hidrográficas da Parte Continental de Salvador-BA
 Fonte dos dados: SANTOS et al., 2010
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

O Decreto de nº 27.111, no seu artigo 1º estabelece: as bacias hidrográficas e as bacias de drenagem natural no município do Salvador ficam delimitadas, conforme especificação a seguir:

I - Bacias Hidrográficas (12): Cobre, Camarajipe, Lucaia, Seixos (Barra/Centenário), Ondina, Pedras/Pituaçu, Passa Vaca, Jaguaribe, Ipitanga, Paraguarí, Ilha de Maré, Ilha dos Frades;

II - Bacias de Drenagem Natural (9): São Tomé de Paripe, Plataforma, Itapagipe, Comércio, Vitória/Contorno, Amaranina/Pituba, Armação/Corsário, Stella Mares, Ilha de Bom Jesus dos Passos.

Este decreto diferenciou as bacias em dois tipos. No seu Art. 3º. Para efeito deste Decreto serão adotadas as seguintes definições:

I - Bacia hidrográfica: unidade territorial delimitada por divisores de água, na qual as águas superficiais originárias de qualquer ponto da área delimitada pelos divisores escoam pela ação da gravidade para as partes mais baixas, originando córregos, riachos e rios, os quais alimentam o rio principal da bacia, que passa, forçosamente, pelos

pontos mais baixos dos divisores e desemboca por um único exutório, exceto as bacias hidrográficas distintas que por intervenção de infraestrutura urbana tiveram seus rios principais interligados próximos a foz e passaram a contar com o mesmo exutório;

II - Bacia de drenagem natural: região de topografia que não caracteriza uma bacia hidrográfica, podendo ocorrer veios d'água os quais não convergem para um único exutório.

Assim, a bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu é formalmente uma unidade de gestão e planejamento do município de Salvador-BA, devendo ter políticas e planos específicos para as questões sócio-naturais, incluindo o gerenciamento dos riscos, contendo as ações de mitigação e resposta aos eventos de inundação.

1.5 GEOPROCESSAMENTO, SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E A ÁLGEBRA DE MAPAS.

A aplicação de análises espaciais realizadas com geotecnologias sofisticadas torna-se a cada dia mais acessível tanto com relação ao seu custo, quanto à sua manipulação para a gestão e o gerenciamento do território. Segundo Bossle (2016), o geoprocessamento pode ser entendido como uma ferramenta computacional poderosa na gestão e no planejamento ambiental; ela contempla a integração de grandes bancos de dados, de diferentes setores, permitindo, entre outras, a análise matemática e estatística desses dados; pode ser definido como um conjunto de tecnologias que possibilita a manipulação, a análise, a simulação de modelagens e a visualização de dados georreferenciados, tratando-se de uma técnica agregada ou não ao uso de um Sistema de Informações Geográficas - SIG. Também envolve um conjunto de técnicas que utiliza elementos da Cartografia, Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global por Satélites – GPS.

Em todo o processo de gestão de riscos de desastres naturais e especificamente nos riscos relacionados com inundações, a utilização de um Sistema de Informações Geográficas-SIG é fundamental tanto para a elaboração de mapas a partir de diferentes fontes, quanto na modelagem do fenômeno, que é uma maneira de descrevê-lo, usando a linguagem computacional. De acordo com Fitz (2008), o SIG é constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido. Segundo Garcia (2014), basicamente, a utilização de um SIG compreende três etapas: coleta de dados; criação do banco de dados geoFigura; e

operacionalização do sistema. as principais funções de um SIG são: consulta; reclassificação; cruzamento de camadas; cálculo de medidas lineares e de área; análise de proximidade e de contiguidade (interpolação) operações de superposição (overlays); operações algébricas cumulativas.

De acordo com Aronoff (1989) *apud* Hamada e Gonçalves (2007), existem quatro razões para se usar um SIG. São elas:

- Os dados armazenados digitalmente estão em uma forma mais compacta do que se eles estivessem em mapas de papel ou em pilhas nas mesas;
- Grande quantidade de dados pode ser mantida e recuperada com grande velocidade e a um custo menor por unidade de dado, quando são utilizados sistemas computacionais;
- A habilidade de gerenciar os dados espaciais e seus correspondentes dados de atributo e de integrar diferentes tipos de dados de atributos em uma única análise, a alta velocidade, é incomparável com os métodos manuais e;
- A habilidade de rapidamente realizar análises espaciais complexas fornece vantagem tanto quantitativa quanto qualitativa. Cenários de planejamento, detecção e análise de mudança e outros tipos de planos podem ser desenvolvidos por refinamentos de análises sucessivas. Este processo interativo somente se torna prático com um SIG, pois cada processamento computacional pode ser feito rapidamente e a um custo relativamente baixo.

Além disso, o SIG foi utilizado nesta pesquisa no uso da modelagem cartográfica, também denominada de álgebra de mapas.

De acordo com Cordeiro *et al.* (2007), a complexidade da modelagem vem também experimentando variadas tendências de crescimento, tanto no que se referem a processos físicos, tais como: modelos hidrológicos e modelos de dispersão de poluentes; quanto àqueles que incorporam a ação humana, tais como: planejamento e expansão urbana e mudanças de uso. Deste modo, a Álgebra de Mapas (Modelagem Cartográfica) foi a ferramenta utilizada tanto para a elaboração dos mapas temáticos quanto para a elaboração do mapa de riscos relacionados com inundações na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A escolha desta técnica partiu de dois critérios: o primeiro, a maneira como os dados estavam disponíveis e; o segundo, a facilidade que a modelagem cartográfica oferece na produção de mapas sínteses a partir de mapas contendo variáveis específicas.

Ainda segundo Cordeiro *et al.* (2007), o termo “Modelagem Cartográfica” ou “Álgebra de Mapas” é utilizado na literatura sobre o geoprocessamento para representar o conjunto de operadores que manipulam campos geoFiguras, tais como: imagens, mapas temáticos e modelos digitais de terreno. Este tipo de modelagem é reconhecido por ser uma análise espacial efetuada sobre dados digitais geoFiguras, que é uma operação de álgebra simples, aplicada sobre os mapas temáticos. A álgebra de mapa inclui um grande conjunto de operadores que são executados em uma ou várias camadas raster de entrada para produzir uma ou mais camadas raster de saída. Com relação ao operador, entende-se como um algoritmo que executa a mesma operação em todas as células de uma camada raster. Esses operadores são definidos por meio de equações, por exemplo, o operador $X = Y + Z$ origina uma nova camada (X) atribuindo a cada célula o valor da célula correspondente na camada (Y) somada com as células correspondentes da camada (Z). Assim, cada camada raster é uma matriz de números e a operação é executada para todos os números na matriz, portanto, para todas as células da camada raster.

“O termo álgebra de mapas foi popularizado a partir do livro *Geographic Information System and Cartographic Modeling*” (TOMLIM, 1990 *apud* CORDEIRO *et al.*, 2007 p.1). Esta foi a primeira abordagem em que se buscou explorar de maneira formal as propriedades dos dados representados em SIG, usualmente representados em mapas. Ainda segundo Cordeiro *et al.* (2007), ferramentas como GRID, IDRISI, IDL, foram essencialmente concebidas sob tal paradigma, no qual as operações de modelagem são representadas por sequências de operações primitivas descritas por meio de uma linguagem que procura respeitar as propriedades dos tipos de dados envolvidos. De acordo com Berry (1993) *apud* Soares Filho (2009):

Segundo Berry (1993), uma linguagem cartográfica, como a álgebra de mapas, usa uma sequência de funções primitivas para realizar uma análise complexa de mapas. Nesse sentido, ela é semelhante à álgebra tradicional, na qual operadores primitivos (adição, subtração, exponenciação) são logicamente sequenciados como variáveis para se formar uma equação. No entanto, na álgebra cartográfica, mapas inteiros representam as variáveis (Figura 10). O procedimento analítico envolve o processamento cíclico de mapas digitais (semelhante à resolução de parênteses de uma equação) usando-se de operações de processamento espacial. Desse modo, uma sequência lógica, coerente para o desempenho de uma determinada análise cartográfica, envolve a recuperação de um ou mais mapas da base de dados, processamento destes dados como especificados pelo usuário, criação de novo mapa, contendo o resultado de processamento e o seu armazenamento para processamento subsequente (Figura 11). (BERRY, 1993 *apud* SOARES FILHO, 2000 p. 6).

O autor explica que esta linguagem cartográfica permite análises sofisticadas de uma região por meio da integração dos seus aspectos naturais representados em mapas digitais. Cada aspecto do ambiente pode ser utilizado como um elemento dentro de uma equação. Deste modo, mapas inteiros podem ser somados, multiplicados, subtraídos e divididos e assim, realçar, classificar ou hierarquizar qualquer variável que seja de interesse.

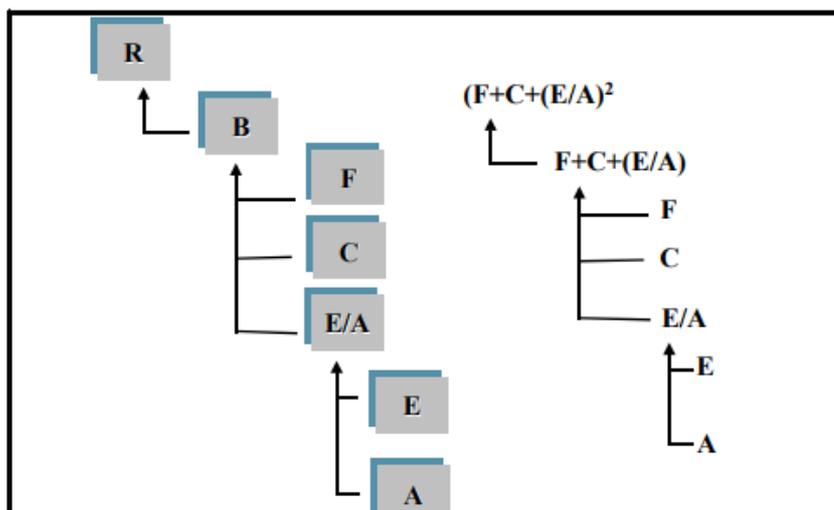


Figura 10. A álgebra de mapas comparadas com a álgebra Convencional.
Fonte: SOARES FILHO (2000)

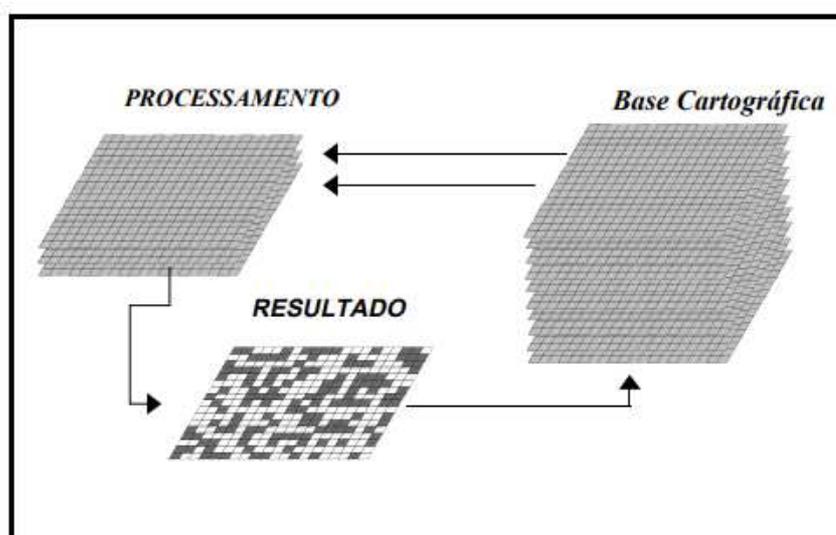


Figura 11. O processamento cíclico de mapas utilizado para o Equacionamento de uma álgebra cartográfica
Fonte: SOARES FILHO (2000)

Segundo Tomlim (1990) *apud* Cordeiro *et al.* (2007), de acordo com a maneira de selecionar os valores associados a locais envolvidos na caracterização da área de estudo, as operações de álgebra de mapas podem ser classificadas em: locais; de vizinhança; e zonais.

Para esse estudo, só há interesse na álgebra voltada a campos. Portanto, a álgebra voltada para objetos, descritas pelas operações de vizinhança e zonais não serão abordadas.

As operações locais resultam em campos, cujos valores são função de valores associados ao mesmo local, por uma ou mais representações de outros campos. Ex: calcular índices de vegetação com base em dados de modelos Imagem, gerando imagens como resultados por meio de operações de aritmética aplicadas a cada pixel das imagens envolvidas; ou atribuir valores de vulnerabilidade a unidades territoriais com base em princípios da ecodinâmica de Tricart e etc.

De acordo com Cordeiro (2010), as operações matemáticas são aquelas que resultam em grades numéricas e imagens e derivam de operações aritméticas, funções matemáticas, estatísticas e outras tipicamente aplicadas a dados de natureza quantitativa. As operações de transformação são operações tipo ponderação que associa classes temáticas a valores numéricos; a reclassificação que define a associação entre diferentes conjuntos de classes temáticas; e o fatiamento que associa valores numéricos locais a classes de alguma categoria temática. A operação de ponderação consiste em obter um campo numérico a partir de um campo temático, de tal modo que cada local de uma área de estudo fique associado a um valor indicando o peso de cada classe temática diante de uma operação quantitativa que se deseje modelar. A Figura 12 exemplifica esta operação.

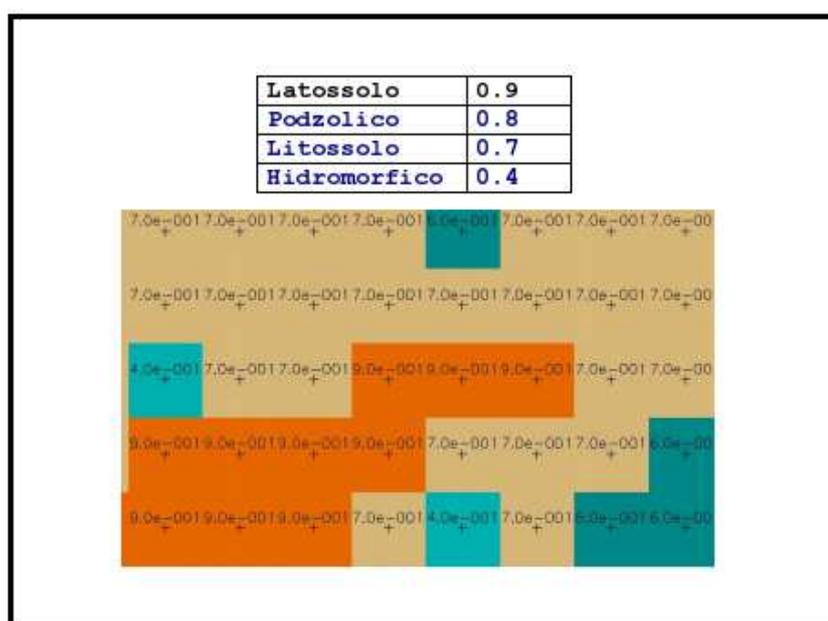


Figura 12. Exemplo de operação de ponderação
Fonte: CORDEIRO, 2010

Ainda segundo Cordeiro (2010), a operação de fatiamento consiste em obter um campo Temático a partir de um campo numérico, de tal modo que cada local de uma área de estudo fique associado a um valor indicando, sob a forma de um conjunto de classes temáticas, os intervalos de valores registrados à partir de uma grade Numérica. A Figura 13 apresenta um exemplo desta operação.

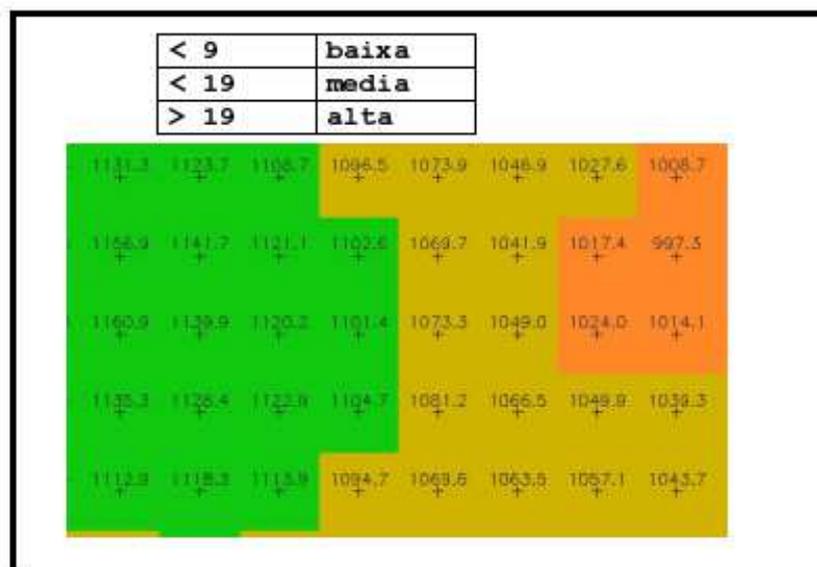


Figura 13. Operação de fatiamento em classes
Fonte: CORDEIRO, 2010.

Quanto à operação de reclassificação, ela consiste em obter um campo temático a partir de outro campo temático que podem ser ou não de categorias distintas. Cada local de uma área de estudo está associada a um valor de conjunto de classes temáticas, segundo uma tabela que modela o mapeamento entre os conjuntos de entrada e saída (CORDEIRO *et al.*, 2007). A Figura 14 apresenta um exemplo desta operação.

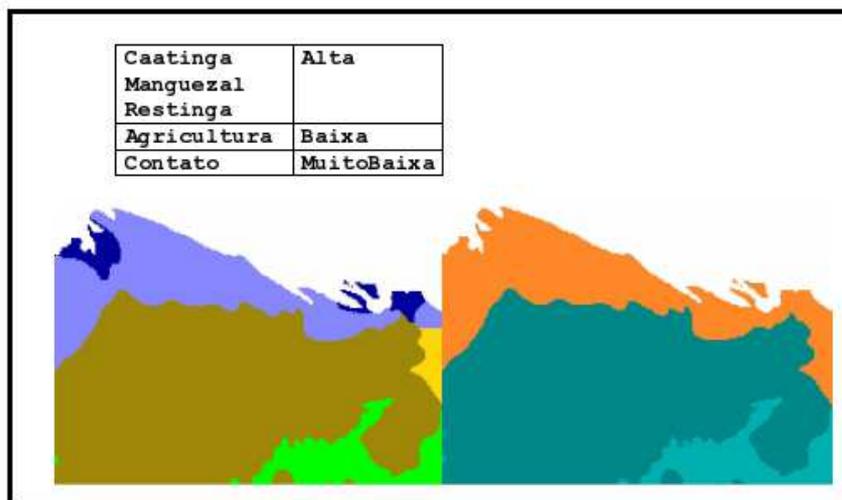


Figura 14. Operação de Reclassificação
Fonte: CORDEIRO, 2010.

Já a espacialização, é uma operação que gera um campo Numérico ou Temático a partir de valores de algum atributo de objetos associados a elementos vetoriais de um mapa cadastral. A Figura 15 apresenta um exemplo desta operação.

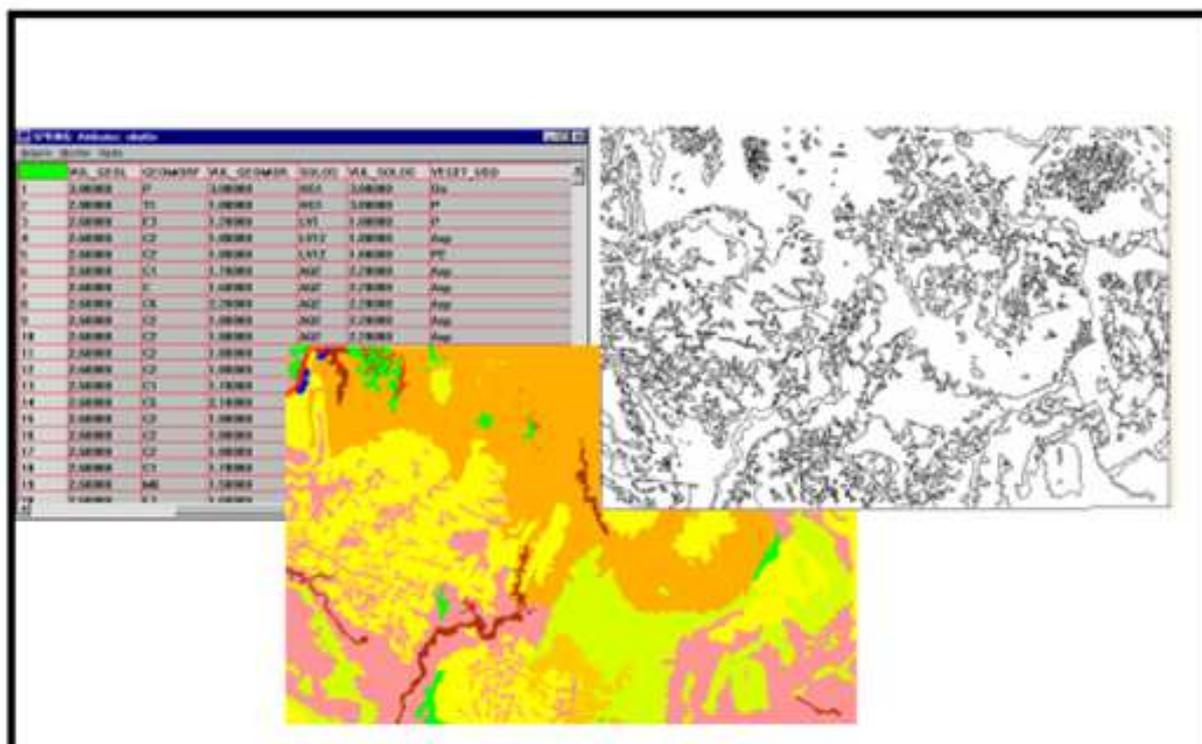


Figura 15. Operação de Espacialização
Fonte: CORDEIRO, 2010

Portanto, a Álgebra de Mapas, demonstrou possuir ferramentas robustas para a análise espacial sobre dados geoFiguras, possibilitando a integração de dados de cunho natural e socioeconômico, de maneira rápida e com baixos custos, permitindo efetuar a análise dos riscos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

CAPÍTULO 2. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este trabalho de cunho interdisciplinar está compreendido na área do Planejamento Ambiental e do Planejamento Urbano e tem como objetivo avaliar os riscos relacionados com inundação, tendo como objeto de estudo, os riscos de inundação, considerando o recorte espacial da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu na cidade de Salvador-BA. Esta pesquisa se ampara na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), de Von Bertalanffy, entendendo este recorte, como um sistema em que um conjunto de fenômenos se processam, mediante fluxos de matéria e energia, originando relações de interdependência entre os elementos. De acordo com Santana (2014):

A Teoria Geral dos Sistemas, em meados do século XX, permeou os mais diversos campos científicos e da sociedade contemporânea. Esta teoria se constituiu em um método que transformou as categorias básicas do pensamento, por promover uma análise articulada e dinâmica dos processos espaciais. A concepção sistêmica tem por objetivo inserir a imagem da natureza sob uma nova perspectiva, na qual cada sistema orgânico possui diversos elementos, com suas características e funções. Tal conjunto não resulta do somatório das partes, mas sim como sendo algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui (SANTANA, 2014, p.4).

Observa-se que a concepção sistêmica trouxe uma nova forma de abordagem da natureza. Ao contrário do mecanicismo, a teoria sistêmica possibilita enxergar o meio ambiente de maneira mais holística, como um todo, com funções e características específicas que não correspondem às características e funções de suas partes ou elementos. Assim, esta pesquisa também se embasou na abordagem da ecodinâmica idealizada por Jean Tricart (1977) e se inspirou na concepção de sistema ambiental proposta por Christofolletti (1981). Além disso, esta pesquisa se guiou pelos trabalhos de CARVALHO, (2006). Organização sócio-espacial da Região Metropolitana de Salvador: uma aplicação de tecnologias de Geoprocessamento para Planejamento Urbano e Regional; SANTOS, (2012). Análise Geoambiental Através da Estruturação e Integração de Dados no Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari. Salvador-Ba; CORDEIRO (2010). Álgebra de Mapas e Regiões. SANTOS, (2010); O Caminho das Águas em Salvador: bacias hidrográficas, bairros e fontes; e em SANTANA, (2014). Análise da Vulnerabilidade Ambiental de Salvador: um subsídio ao planejamento e à gestão ambiental da cidade.

A perspectiva adotada levou em consideração também o ciclo hidrológico e o processo histórico de urbanização, criando características favoráveis para que os impactos ambientais gerem eventos de grande gravidade para a população. Esta pesquisa possui como pressuposto ontológico aquilo que é mensurável, em uma realidade objetiva, pois, está relacionada a fatos e

dados, buscando a causalidade e leis fundamentais. Esta pesquisa, utilizou a análise qualitativa para descrever os riscos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, tendo como referência as metodologias para a execução de trabalhos de mapeamento de risco de movimentos de massa e inundações adotadas em Da Silva et al. (2014). Este trabalho também se inspirou em autores como Tucci (1993); Tominaga et al. (2009), Pinese e Rodrigues (2012) que utilizaram metodologias que integraram dados de cunho ambiental e social com o objetivo de subsidiarem suas análises.

2.1 MATERIAIS

A seguir a relação de softwares e programas de processamento de dados utilizados no trabalho de análise morfométrica e para a elaboração dos mapas temáticos (Suscetibilidade a Inundações e Vulnerabilidade Social) e do mapa síntese (Mapa de Riscos de Inundação), ao lado a suas funções:

1. A estação de trabalho utilizada para o processamento dos dados: um microcomputador pessoal com HD de 1 Tb, placa dedicada de 2Gb e processador Corel i5, 8 GHz;
2. Pacote com: Editor de Texto, Planilha Eletrônica, Software para Apresentação, Bloco de Notas, Editor de Imagens – para elaboração de textos, Figuras apresentações e análises estatísticas;
3. QGIS 2.14:14 para vetorização das feições, criação e edição dos produtos e elaboração de mapas temáticos; reclassificação de Mapas Temáticos no formato raster (algoritmos do GRASS 7 e do GDAL);
4. modelagem cartográfica (Álgebra de Mapas) e elaboração do mapa de riscos de inundação realizadas com QGIS 2.14.14;
5. SIGs para elaboração de mapas temáticos; reclassificação de Mapas Temáticos no formato raster;
6. Internet e Google Earth Pro para pesquisas.
7. Google Earth Pro: para vetorização de feições, criação de arquivos, elaboração de imagens; medição de áreas e distâncias.

2.2 MÉTODO

De acordo com Lakatos (2003), método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar os Objetivos/Conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista. Para Diniz (2008), método se constitui no caminho de construção do discurso científico. A evolução dos métodos perpassa pela história do pensamento humano; inicialmente a Igreja (religião) explicava os fenômenos por meio de dogmas; em seguida, a filosofia passa a refletir sobre o conhecimento se utilizando da explicação racional. Somente no século XVI é que se iniciou uma linha de pensamento que propunha encontrar um conhecimento embasado em maiores garantias, na procura do real. De acordo com Lakatos (2003), não se buscam mais as causas absolutas ou a natureza íntima das coisas; ao contrário, procura-se compreender as relações entre elas, assim como a explicação dos acontecimentos, através da observação científica aliada ao raciocínio. O método possui duas formas de raciocínio: Indutivo e Dedutivo.

Segundo Diniz (2008), o Grande cientista, filósofo, inventor dentre outras habilidades geniais, Galileu, foi o precursor da indução experimental; ou seja, do método indutivo. Esse método prevê que pela indução experimental o pesquisador pode chegar a uma lei geral por meio da observação de certos casos particulares sobre o objeto (fenômeno/fato) observado. Segundo Lakatos (2003), devemos considerar três elementos fundamentais, isto é, a indução realiza-se em três etapas (fases): observação dos fenômenos; descoberta da relação entre eles; generalização da relação.

De outro modo, e de acordo com Diniz (2008), o discurso do método de René Descartes instituiu a dedução como caminho para o conhecimento. O método dedutivo parte das teorias e leis consideradas gerais e universais buscando explicar a ocorrência de fenômenos particulares. O exercício metódico da dedução parte de enunciados gerais (leis universais) que supostos constituem as premissas do pensamento racional e deduzidas chegam a conclusões. Ainda de acordo com Diniz (2008), o exercício do pensamento pela razão cria uma operação na qual são formuladas premissas e as regras de conclusão que se denominam demonstração. Este método foi proposto pelos racionalistas Descartes, Spinoza e Leibniz, o qual, pressupõe que só a razão é capaz de levar ao conhecimento verdadeiro. O raciocínio dedutivo tem o objetivo de explicar o conteúdo das premissas. Por intermédio de uma cadeia de raciocínio em ordem descendente, de análise do geral para o particular, chega a uma conclusão; usa o silogismo, construção lógica para, a partir de duas premissas, retirar uma terceira logicamente decorrente das duas primeiras,

denominada de conclusão (GIL, 1999; LAKATOS; MARCONI, 1993 *apud* SILVA e MENEZES, 2005. p. 26).

Então, esta pesquisa pôde ser caracterizada, de acordo com os diversos critérios de classificação, como: exploratória e documental. Segundo Silva e Menezes (2005) uma pesquisa é exploratória quando se utiliza de técnicas de levantamento documental para obter dados de análise do problema e análise de exemplos que estimulam a compreensão. Ela pode ser compreendida fazendo-se também questionamentos: Como eu posso conhecer a realidade ou me aproximar dela, interpretá-la? Deste modo, esta pesquisa buscou identificar e avaliar, na bacia do rio das Pedras/Pituaçu, as condições naturais e sociais que podem proporcionar a ocorrência de eventos danosos relacionados com as inundações. Estas condições, estabelecidas pela comunidade científica, por meio de estudos comprovados, se constatadas na bacia nos levará a concluir que há ameaças reais à população residente. Do ponto de vista da forma de abordagem, uma pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa. Se a pesquisa consegue traduzir em números, os fatos para analisá-los e caracterizá-los, ela é classificada como quantitativa. A elaboração e o teste da hipótese caracterizam esse tipo de pesquisa. Segundo Silva e Menezes (2005), pesquisa quantitativa considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Este tipo de pesquisa requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (percentagem, média, moda, mediana, desvio-padrão, coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.). Desta forma, esta pesquisa, se enquadrou na abordagem quantitativa para o desenvolvimento do trabalho.

Quanto ao método, este trabalho foi conduzido segundo o Método Dedutivo, se concentrando no estudo de um caso particular: a Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, enquadrando-se no método de procedimento do Estudo de Caso. Na perspectiva atual, com foco na prevenção, este estudo se amparou na análise dos diferentes componentes do ambiente e seu inter-relacionamento com os processos socioeconômicos do território, com o intuito de identificar e classificar os locais com maiores riscos de inundação para a população residente.

Com o intuito de compreender o problema das inundações na Bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, a pesquisa procurou responder à pergunta orientadora: Quais os riscos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu? Para essa resposta, esta pesquisa necessitou de uma metodologia que conjugasse procedimentos capazes de integrar e espacializar as informações referentes tanto aos processos ambientais quanto aquelas provenientes dos fatores socioeconômicos, possibilitando interpretar as informações obtidas de forma mais holística e procurando se aproximar ao máximo da problemática resultante desta interação. A técnica utilizada para a consecução deste objetivo foi a Modelagem Cartográfica

ou Álgebra de Mapas, a qual é um tipo de análise espacial, que utiliza tecnologias de Geoprocessamento e consiste em efetuar operações matemáticas tradicionais sobre mapas temáticos, que têm em comum a mesma base cartográfica, para gerar mapas-síntese (CARVALHO, 2006 p.185).

Assim, para responder a pergunta orientadora, distinguindo-se e hierarquizando-se os locais de risco, tem-se que considerar duas outras questões conectadas: a suscetibilidade do território às inundações e a vulnerabilidade da população frente a estes eventos. Desta forma, para se conhecer a suscetibilidade a inundações da área de estudo, será feita a integração da caracterização fisiográfica, inclusive efetuando a análise morfométrica da bacia hidrográfica, com a álgebra de mapas. Inicialmente, a conjugação da caracterização fisiográfica, aliada à morfometria proporcionará o conhecimento das variáveis que são mais importantes para o processo de geração de inundações, na medida em que se procurará relacionar as características das variáveis naturais com a distribuição e escoamento das águas na superfície, refletindo a importância e influência de cada variável natural na acumulação ou deslocamento desses volumes por toda bacia, facilitando ou dificultando a formação dos processos de inundações; depois, com a técnica da álgebra de mapas, será elaborado o mapa de suscetibilidade a inundações, o qual consistirá na espacialização e categorização dos locais da bacia mais suscetíveis a inundações; Quanto à vulnerabilidade social, para responder a essas perguntas, será feita a integração da caracterização socioeconômica com a técnica da álgebra de mapas; essa abordagem propiciará conhecer as variáveis socioeconômicas que caracterizam a vulnerabilidade social da população frente a eventos de inundações nesta bacia hidrográfica e, por meio da técnica da álgebra de mapas, a carta de vulnerabilidade social será elaborada, e as diversas áreas de vulnerabilidade serão espacializadas e categorizadas na bacia hidrográfica. Esses mapas gerados irão servir para a elaboração do Mapa de Riscos de Inundações da bacia, por meio da técnica da álgebra de mapas, utilizando-se da operação Soma. De posse deste Mapa, o próprio fornecerá subsídios para responder a pergunta orientadora da pesquisa e assim elaborar a Avaliação dos Riscos de Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A Figura 16 (parte 1 e 2) e o Quadro 1 apresentam o fluxograma e o roteiro metodológico deste trabalho.

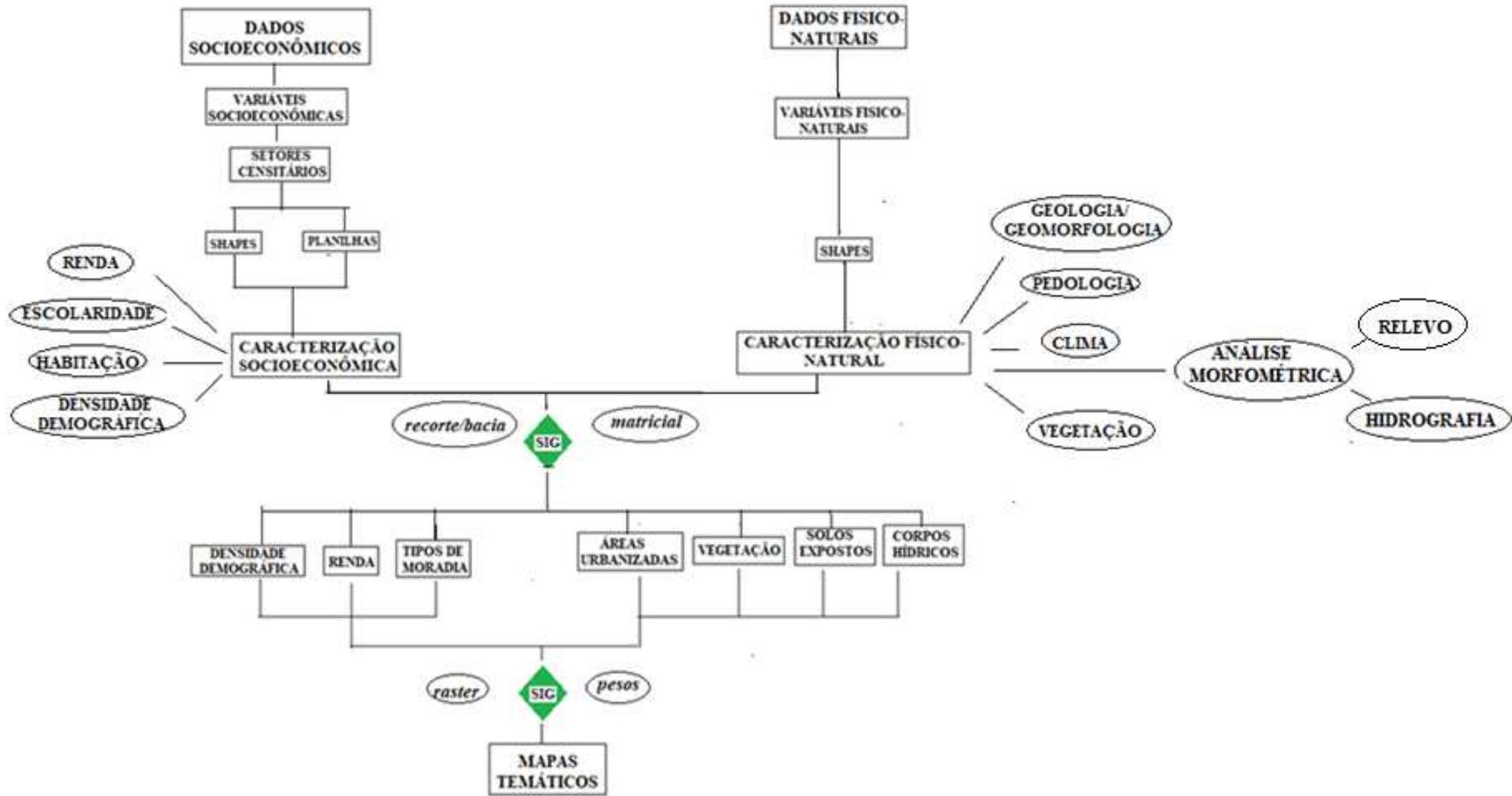


Figura 16. Fluxograma Metodológico da Pesquisa (Parte 1)
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

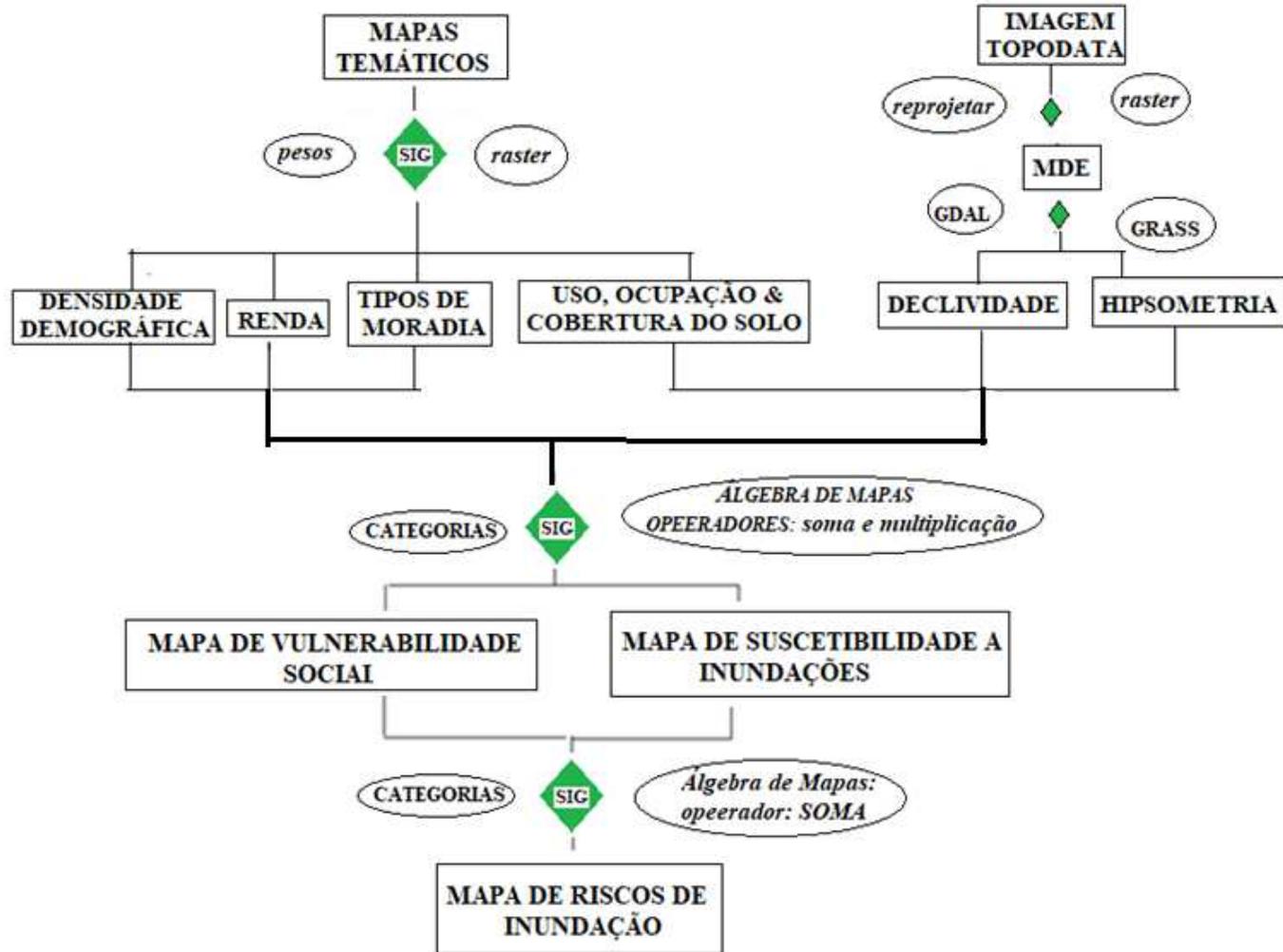


Figura 16. Fluxograma Metodológico da Pesquisa (Parte 2)
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Quadro 1. Roteiro Metodológico da Pesquisa

ETAPAS	ATIVIDADES
Levantamento Documental e Cartográfico	Pesquisa de trabalhos na Área de Avaliação de Riscos e afins;
	Aquisição da base cartográfica, de arquivos em formato shape das características físicas da área de estudo;
	Acesso à base de dados socioeconômicos do Censo 2010, do IBGE.
Definição dos Parâmetros Morfométricos e das Fórmulas Empíricas Utilizadas	Extração dos parâmetros das variáveis geométricas da bacia, do relevo e da rede de drenagem da área de estudo e definição das fórmulas usadas para a Morfometria da Bacia Hidrográfica.
Preparação das Variáveis Naturais e Socioeconômicas e Elaboração dos Mapas Temáticos	Identificação e análise das variáveis naturais: Uso e Ocupação do Solo, Declividade e Hipsometria.
	Identificação e análise das variáveis socioeconômicas: Densidade Demográfica, Tipos de Moradia e Renda.
	Definição das classes com os diferentes pesos para as variáveis Naturais relacionadas à sua importância para a geração de inundações;
	Definição das categorias com os diferentes pesos para as variáveis socioeconômicas relacionadas à vulnerabilidade social das populações da bacia.
	Transformação do mapas temático: Uso e Ocupação do Solo (formato vetorial) para matricial; Declividade e Hipsometria (ambos já foram criados no Formato Matricial).
	Transformação dos mapas temáticos das variáveis socioeconômicas: Renda; Densidade Demográfica e Tipo de Moradia (todos em formato vetorial) para matricial.
Elaboração dos Mapas-Síntese	Aplicação da ferramenta calculadora raster para a elaboração do Mapa de Suscetibilidade. Operador Soma e Multiplicação.
	Aplicação da ferramenta calculadora raster para a elaboração do Mapa de Vulnerabilidade: Operador Soma e Multiplicação.
	Aplicação da ferramenta calculadora raster para elaboração do mapa de Riscos de Inundações: Operador: Soma.
Avaliação de riscos de inundação	Discussão e Análise dos dados/Proposições

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A seguir, a descrição das etapas metodológicas deste estudo.

2.2.1 Levantamento Documental e Cartográfico

Nesta etapa, foi feito levantamento bibliográfico/documental nas bases digitais de instituições de ensino tipo Universidades (Teses e Dissertações) como portais de órgãos de fomento à pesquisa tipo CAPES (Artigos específicos em periódicos, jornais, revistas etc.) Além das pesquisas presenciais em bibliotecas da Universidade Católica do Salvador - UCSAL e Universidade Federal da Bahia - UFBA, sobre os temas: avaliação de riscos; riscos; inundações; Salvador, bacias hidrográficas e etc. Ainda nesta fase se encontra o levantamento com relação à base cartográfica da região e aos arquivos em formato shape disponíveis das características naturais do município de Salvador e da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu; também nesta etapa, foi feita pesquisa na base de dados do IBGE, Censo do ano de 2010, das variáveis socioeconômicas mais relevantes para este estudo, no recorte espacial, estabelecido pelo IBGE: os setores censitários, inseridos na área da pesquisa. Observa-se que para a digitalização dos mapas e tratamento digital dos dados foi utilizado o software de Geoprocessamento QGIS, versão 2.14.14 como também para a confecção das tabelas e figuras utilizou-se de planilha eletrônica.

O Quadro 2 apresenta os dados obtidos, as fontes consultadas e para que foram utilizados.

Quadro 2. Dados obtidos, as Fontes e Conteúdo/Utilidade

DADOS	FONTE	CONTEÚDO/UTILIDADE
Serviço de mapas conforme previsto no padrão OGC WMS (Open Geospatial Consortium Web Map Service)	Companhia de Desenvolvimento Urbano – CONDER	Este serviço publica os dados das camadas do mapeamento sistemático do Sistema Cartográfico da Região Metropolitana de Salvador (SICAR/RMS) do ano de 1992, na escala 1:2.000, do Banco de Dados Geográfico da CONDER/INFORMS. Foi a base cartográfica de toda esta Dissertação.
SHAPE DAS BACIAS URBANAS e de DRENAGEM	SANTOS, 2010 (UFBA)	Serviu para delimitar a área de estudo: bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Todos os mapas foram adaptados para este recorte espacial.
CLIMA E PRECIPITAÇÃO	Instituto de Meteorologia – INMET e Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA	Dados de séries históricas da estação Ondina foram obtidos no INMET; das estações estaduais baixados no site do INEMA, os dados, das séries históricas, em planilhas eletrônicas e em shapes serviram para: caracterizar o clima e as precipitações na bacia; subsídios para análise da “vocação” da bacia em gerar inundações.
IMAGEM TOPODATA (imagem de sat�elite)	Instituto de Pesquisa Espacial - INPE	Projeto TOPODATA. Proporcionou a elabora�o do modelo digital de eleva�o – MDE. Serviu de base para elaborar os mapas de declividade e hipsometria.
SOLOS EXPOSTOS	Vetoriza�o de imagem do Google Earth Pro	Imagem da bacia obtida diretamente do Google Earth Pro. Serviu para identificar e individualizar as manchas de solo exposto e para elaborar o shape de solos expostos
VEGETA�O	NUMA – Núcleo Mata Atlântica - Ministério Público	Obtida do Ministério Público – BA. Projeto Mata Atlântica. Cadastro das Manchas de vegeta�o classificadas de acordo com o seu grau de sucessão. Serviu para elaborar o shape de vegeta�o na bacia.
GEOLOGIA; GEOMORFOLOGIA	CPRM – Serviço Geológico do Brasil UFBA (Geociências)	Shapes da geologia e Geomorfologia regional (CPRM) e shape da geologia local (UFBA). Serviram para caracterizar a fisografia da bacia e adaptar o mapa geológico para o recorte da bacia.
DADOS SOCIOECONÔMICOS	IBGE – DADOS DO CENSO 2010	Dados espacializados do Censo Demográfico de 2010. Esses dados foram disponibilizados em planilhas eletrônicas e em formato shape, divididos por setores censitários inseridos na bacia. Serviram para elaborar os mapas de renda; densidade demográfica e padrão de moradia.

Elabora o: SILVA, C.R.P.

2.2.2 Definição de Parâmetros Morfométricos e Fórmulas empíricas

A seguir, os parâmetros morfométricos principais utilizados neste estudo e que compõem as fórmulas empíricas desenvolvidas por Hidrólogos como Horton, 1945 e Schumm, 1956:

Área (A) refere-se a toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, fornecida em km^2 e o Perímetro (P) em km, é o contorno da bacia hidrográfica, que a separa e a individualiza. Estas variáveis foram extraídas automaticamente no sistema de informações geográficas – SIG. As variáveis a seguir foram obtidas por medição direta em uma imagem Google, acessada e datada no ano de 2017: Comprimento longitudinal (axial) da Bacia (L_b) é a distância em linha reta do exutório até seu limite superior; Comprimento do canal principal (L_p) é o comprimento do percurso mais longo, seguindo-se o curso d' água do canal principal da bacia, desde a cabeceira até a foz. Largura Média (L_m) é a relação entre a área da bacia (A) e o comprimento do rio principal (L_p). A seguir, os índices obtidos e resultantes de fórmulas empíricas.

Cálculo das Variáveis Relacionadas à Forma:

Índice de Compacidade ou Índice de Gravelius (K_c): Calculada pela fórmula: $K_c = (0,28 \times P) \div A^{1/2}$ em que A é a área da bacia e P é o perímetro;

Índice de circularidade (I_c) Calculada pela fórmula: $I_c = (12,57 \times A) \div P^2$; em que A é a área da bacia e P é o Perímetro da mesma;

Fator de Forma (K_f): Calculada pela fórmula: $K_f = A/L_b^2$. Em que A é a área da bacia e L_b é o comprimento axial da bacia;

Cálculo das Variáveis Relacionadas à Rede de Drenagem Fluvial:

Densidade de drenagem (D_d): Calculada pela fórmula: $D_d = L_t \div A$; em que L_t é a comprimento total da soma de todos os canais de drenagem dentro da bacia e A é a área da bacia;

Densidade de rios (D_r): Calculada pela fórmula: $D_r = N / A$; em que N é o número total dos canais e A é a área da bacia hidrográfica;

Índice de sinuosidade (I_{sin}): Calculada pela Fórmula: $I_{sin} = L_p \div L_v$; em que L_p é o comprimento do canal principal e L_v é a distância em linha reta que une o ponto inicial e final do canal de drenagem principal da bacia;

Cálculo das Variáveis Relacionadas ao relevo:

Amplitude altimétrica (ΔH): calculada pela fórmula: $\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$; é a diferença de cota do ponto localizado no exutório e a cota do ponto situado no perímetro mais a montante da subacia hidrográfica.

A relação de relevo (R_r): calculada pela fórmula: $R_r = (\Delta H/L_p) \times 100$; em que ΔH é a amplitude altimétrica e L_p é o comprimento do canal principal. Este índice é dado em porcentagem.

Além das fórmulas, foi elaborada a hierarquização dos canais fluviais, importante para definir o grau de desenvolvimento hídrico da bacia hidrográfica e sua capacidade em gerar inundações. Esta hierarquização foi elaborada segundo o método de Strahler e objetiva reconhecer a ordem entre os canais da rede de drenagem que traz informações sobre o volume de água deslocada na bacia hidrográfica. Essa variável é extraída automaticamente do QGIS ou diretamente do mapa de drenagem por meio do seguinte critério: Canais de ordem 1 são aqueles que não recebem contribuição de nenhum outro canal; os canais de ordem 2, recebem contribuições apenas de canais de ordem 1 e assim sucessivamente até atingir o exutório, em que o canal principal (trecho final da drenagem principal) assumirá a maior ordem possível em dada bacia hidrográfica. Também possibilita a extração de índices relacionados à magnitude dos trechos dos canais, a densidade da drenagem e o número de canais. Desta forma foram extraídos os índices que subsidiaram a análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, possibilitando reconhecer a sua vocação para a geração de inundações.

2.2.3 Preparação das Variáveis Naturais e Socioeconômicas e Elaboração dos Mapas Temáticos

1) Uso, Ocupação & Cobertura do Solo

Para elaborar o mapa temático de Uso, Ocupação & Cobertura do Solo foram identificados os principais tipos de uso e cobertura do solo na bacia; foram os seguintes: Área Urbana (Áreas Impermeabilizadas); Corpos Hídricos (lago, reservatórios e represas); Vegetação (três estágios de sucessão) e Solo exposto. Os dados necessários para a elaboração dos shapes foram obtidos principalmente da Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia – CONDER, proveniente da sua base cartográfica, na escala 1:2.000, da Base Geoespacial do Sistema de Informações Geográficas Urbanas do Estado – INFORMS. Todos os shapes foram, por meio da ferramenta Clip do QGIS, recortados para o formato da bacia do rio das Pedras/Pituaçu.

A seguir, a descrição de cada categoria da variável Uso, Ocupação & Cobertura do Solo:

- a) O mapa temático Área Urbanizada: foi elaborado tendo como base o shape das vias e dos logradouros (arruamento) da região que engloba a área de estudo desta base da CONDER. O critério adotado para arbitrar um peso que reflita a sua impotência relativa no fenômeno de inundação foi baseado na hipótese que a área urbanizada é impermeável devido ao capeamento asfáltico e, portanto, mais favorável aos processos de escoamento superficial e inundações. Esta categoria obteve Peso 4;
- b) Mapa temático Vegetação: foi elaborado tendo como base o shape elaborado no Projeto Mata Atlântica desenvolvido pelo Núcleo de Mata Atlântica – NUMA do Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente e Urbanismo – CEAMA, ligado ao Ministério Público da Bahia. Neste trabalho, conseguiu-se distinguir três estágios de regeneração, os quais foram definidos de acordo com a Resolução 5 do CONAMA de 04/05/94. Cada estágio influencia de modo diferente nos processo de geração de inundação. Por isso, associados aos estágios, foram definidas 3 sub-categorias com pesos diferenciados: para o Estágio Avançado de regeneração foi arbitrado (Peso 1), para o Estágio Intermediário (Peso 2), para o Estágio Inicial (Peso 3). O critério adotado parte da hipótese que, quanto mais avançado o estágio de regeneração, mais densa a mata, favorecendo maior infiltração das águas. Deste modo, em áreas vegetadas, quanto mais regenerada menos favorável a geração de inundações. Cabe observar que o Parque Metropolitano de Pítuaçu não foi inserido na análise do Projeto Mata Atlântica e, portanto, seus remanescentes florestais não foram discriminados; porém, para esta pesquisa, o Parque de Pítuaçu será tratado como uma unidade homogênea e, para fins metodológicos desta pesquisa, será considerado como se estivesse totalmente em estágio Avançado de sucessão.
- c) Mapa temático Solo Exposto: foi elaborado por meio de vetorização de imagem do Google Earth Pro. As manchas de solo expostos foram identificadas em imagem do Google Earth Pro (acessada e datada de 2017) e aquelas mapeáveis na escala de bacia hidrográfica foram vetorizadas e depois exportadas em formato “kml” para o QGIS e transformado em formato shape. O critério adotado partiu da hipótese que solo exposto e sem vegetação se torna compactado, dificultando a infiltração das águas de chuva, favorecendo os processos de escoamento superficial ou acúmulo das águas. O Peso adotado para essa categoria foi 3;
- d) Mapa temático Corpos Hídricos: foi elaborado com base nos shape disponibilizado pela CONDER contendo as massas de água e a drenagem da região que engloba a área de

estudos. O critério adotado foi que essa variável é a mais favorável aos processos de inundação e obteve peso 5 devido ao transbordamento e espriamento das águas de canais e lagos ou reservatórios em eventos de chuvas intensas.

Após a elaboração desses shapes individuais, os mesmos foram consolidados em um único shape, ainda em formato vetorial usando ferramentas de agrupamento (Merge) do QGIS. Para preparar o shape e transformá-lo em formato raster, foi necessário, antes, no shape em formato vetorial, criar na tabela de atributos, o campo Peso e associá-lo à sua respectiva categoria. Este passo é importante, pois, após ser gerado o raster, ele já estará categorizado e hierarquizado, portanto, pronto para o próximo passo metodológico: a álgebra de mapas. Ressalta-se que o shape em formato vetorial foi transformado para o Matricial, usando a ferramenta de rasterização do QGIS (converter vetor para raster).

Com relação à elaboração dos shapes Declividade e Hipsometria, cabe observar que foi necessária uma etapa preliminar para a preparação do Modelo Digital de Elevação – MDE, a partir de uma imagem de satélite envolvendo a região de Salvador-BA. A imagem escolhida foi gerada pela Shuttle Radar Topography Mission – SRTM, a qual, foi fruto de uma missão espacial com o objetivo de gerar um modelo digital de elevação em 80% de todo o globo terrestre. Este tipo de imagem foi disponibilizada pela United States Geological Survey – USGS - na rede mundial de computadores; ela possui uma resolução espacial de 90 m e foi ajustada para uma resolução de 30 m pelo projeto Topodata realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial – INPE. Para encontrar a imagem pertinente, acessou-se o mapa índice na página deste órgão. O código da imagem baixada foi 12S39. A seguir, os passos efetuados para elaborar o MDE.

Passo um: “download” da imagem de satélite. Esta imagem englobou toda a região metropolitana em que a área de estudo está inserida e foi importada para o QGIS 2.14.14;

Passo dois: Associar um sistema de projeção geográfica para a imagem baixada por meio da ferramenta do QGIS: Raster/Projeções/Reprojetar. O sistema escolhido foi o SIRGAS; em seguida, deve-se reprojetar a imagem para o sistema UTM/SIRGAS2000/24S, novamente por meio da ferramenta do QGIS: Raster/Projeções/Reprojetar e ajustar para pixel 30 m x 30m;

Passo três: Entrar nas propriedades da imagem/metadados/tipo de dados e Modificar o tipo de dado de ponto flutuante de 32 bites para números inteiros; para isso, deve-se, novamente reprojeter a imagem, por meio da ferramenta do QGIS Raster/Converter Formato;

Passo quatro: Retirar os ruídos da imagem por meio do teste lógico, usando a calculadora raster do algoritmo GDAL (os ruídos aparecem como pontos branco, ou seja, valor zero);

Paso cinco: Fazer o recorte espacial da imagem topodata para o formato da área de estudo, com os valores de altitude máximo e mínimo corretos.

Deste modo o MDE foi gerado e pronto para criar os mapas de declividade e hipsometria.

2) Mapa de Declividade

O shape de declividade foi gerado, a partir da ferramenta “slope”, do GRASS 7, inserido no QGIS 2.14.14. Foi necessário definir as categorias de declividade a serem usadas para elaborar o mapa de declividade de acordo com a sua respectiva influência nos processos de inundação. Para defini-las inspirou-se na classificação de declividade da EMBRAPA. Cabe destacar que esta classificação é de uso consagrado nos estudos de declividade com aplicação em diversas áreas. Deste modo, foram definidas 5 categorias com as respectivas faixas de declividade: Muito Alta (0 — 3 %), Alta (3 — 8 %), Média (8 — 20 %), Baixa (20 — 33 %), e Muito Baixa (> 33 %). O quadro com as classes, pesos e etc. estão apresentadas no Capítulo 4 relativo à Álgebra de Mapas. Após a base preparada, seguiram-se os seguintes passos para a elaboração do Mapa de Declividade:

- 1) Por meio do algoritmo GDAL comando reclass, inserido no QGIS, gerou-se o shape em formato raster com a declividade expressa em porcentagem. Esse algoritmo realizou o fatiamento do raster de declividade;
- 2) Criação das regras (em formato “.txt” ou bloco de notas) para associar as categorias definidas com as faixas de declividade do MDE;
- 3) Geração do raster de declividade com a associação efetuada entre as categorias e as faixas estabelecida pelas regras;
- 4) Reclassificar o raster gerado no passo anterior. Para isso, usou-se o Algoritmo GRASS, com o comando “recode” para associar as categorias de declividade aos

pesos; como exemplo, a classe de 0 a 3%, denominada de área plana, equivalente a peso 5, a qual é a mais favorável aos processos de inundação e assim por diante;

- 5) Associar, ao raster elaborado uma rampa de cores segundo seus pesos. Cores quentes para os pesos mais elevados. Ex: Cor vermelha para as áreas com declividade muito baixa (0 a 3%).

Desta forma, este mapa ficou apto para a próxima etapa metodológica: elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações.

3) Mapa Hipsométrico

O Mapa Hipsométrico foi elaborado a partir do algoritmo GRASS, inserido no QGIS 2.14.14, ferramenta “recode”. Esta ferramenta classificou as altitudes encontradas no MDE anteriormente elaborado, de acordo com regras que são definidas em relação ao interesse do trabalho. Assim, as categorias de hipsometria foram classificadas de acordo com a sua respectiva influência nos processos de inundação. A categoria Muito Baixa, que envolve altitudes de 4 a 15 metros obteve o peso 5 porque é a categoria mais favorável às inundações e a categoria Muito Alta, corresponde às altitudes superiores a 60 metros, obtendo Peso 1.

Deste modo, foram definidas 5 classes: Muito Alta (4 — 15 m), Alta (15 — 30 m), Média (30 — 45 m), Baixa (45 — 60 m), e Muito Baixa (> 60 m). O quadro com as classes, pesos e etc. estão apresentadas no Capítulo 4 relativo à Álgebra de Mapas. Os passos foram os seguintes para a elaboração do mapa hipsométrico:

Passo 1: Como o MDE é uma representação do relevo contínua, devemos transformar em uma representação discreta ou categórica, ou seja, com limites bem definidos entre as classes geradas;

Passo 2: O MDE apresenta 106 m como altitude máxima e 4, como a mínima, deste modo, as classes a serem definidas serão agrupadas respeitando esses limites;

Passo 3: definir as regras que serão utilizadas no algoritmo do GRASS/Recode contido no QGIS, semelhante ao procedimento para o cálculo da declividade e rodar o algoritmo. As regras foram elaboradas em arquivo no formato “.txt”(bloco de notas) que é o formato que o algoritmo reconhece. Estas regras objetivaram estabelecer a associação das altitudes encontradas com os pesos arbitrados; assim, para as altitudes de 4 a 15 m, definiu-se o peso igual a 5; de 15 até 30 m, classifica-se como 4 e assim por diante, até chegar na última classe; altitudes maiores que 60, classificando-se como 1 e finalizando o processo;

Passo 4: Ao raster Hipsométrico gerado, associou-se uma rampa de cores, trocando o tipo de renderização de banda simples cinza para banda falsa cor, carregando-se para Min/Max e precisão real, escolhe-se 5 classes, as quais já estão relacionadas aos pesos correspondentes e roda o programa.

Desta forma, este mapa ficou apto para a próxima etapa metodológica: elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações.

Preparação das Variáveis Socioeconômicas.

Para avaliar algumas dimensões de vulnerabilidade da população da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu foram consideradas as seguintes variáveis dentre todas levantadas pelo IBGE no Censo de 2010: Renda com o intuito de representar a dimensão Econômica; Padrão de Moradia com objetivo de considerar a dimensão Infraestrutura; e Densidade Demográfica com o escopo de averiguar a dimensão quantitativa.

1) Renda

Para a obtenção da distribuição espacial da variável Renda na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu considerou-se cinco classes de renda e utilizou-se, não a renda bruta e sim o equivalente em salários mínimos da renda bruta apurada, já disponibilizado pelo IBGE.

Para preparar o shape em formato vetorial com a divisão dos setores censitários em classes de salários-mínimos, em primeiro lugar foi necessário acessar a tabela de atributos e criar o campo: Renda em Salários Mínimos (denominado de Renda_Sal); este campo é o que associou a renda em salários-mínimos ao respectivo setor censitário. Depois, para gerar o mapa com classes de renda, utilizou-se do QGIS. Em primeiro lugar acessou-se as propriedades deste shape “Renda”; na aba estilos, trocou-se apresentação simples pela graduada; selecionou-se o campo Renda_Sal; para classificar o shape escolheu-se 5 classes e rodou o programa. Outro passo importante é redefinir os intervalos de classe para aqueles que foram baseados no critério do número de salários-mínimos, utilizada pelo IBGE no censo populacional de 2010. O IBGE dividiu a população em cinco faixas de renda ou classes sociais, conforme o seguinte critério: Muito Baixa (0 a 2 salários mínimos); Baixa (2 a 4 salários mínimos); Média (4 a 10 salários mínimos); Alta (10 a 20 salários mínimos); Muito Alta (acima de 20 salários mínimos). No caso da vulnerabilidade social, quanto mais baixa a renda, mais vulnerável estará a população e maior o peso arbitrado neste estudo. As quebras de classe determinadas pelo QGIS foram alteradas manualmente para se adequar às categorias

definidas pelo IBGE e adotadas nesta pesquisa. De posse destes novos intervalos de classe, cria-se um novo campo na tabela de atributos, denominado Peso e associa a cada nova classe gerada de renda a seu respectivo peso, obedecendo o critério de quanto maior o peso, maior a vulnerabilidade. Deste modo, a variável socioeconômica Renda foi preparada para o próximo passo metodológico que consiste em transformar o shape vetorial em formato matricial.

O shape em formato vetorial foi transformado para o formato raster usando a ferramenta Raster/Converter/vetor para raster. Importante associar PESO ao campo de atributo e salvar em novo arquivo. Daí, segue-se os seguintes passos: abre-se as propriedades do arquivo, muda a exibição de banda simples para falsa-cor, carrega os valores de Máx/min, escolhe a precisão Real, carrega os valores, classifica-os e roda o programa; por convenção, as cores claras para baixa vulnerabilidade e cores quentes para alta. Automaticamente é gerado um shape raster com o campo Peso definido e associado às respectivas classes.

2) Padrão de Moradia

O IBGE distinguiu, no Censo 2010, as moradias precárias em todo o país, classificando-as como subnormais. O IBGE também disponibilizou um shape em formato vetorial específico com este tipo de moradia também para a Bahia e Salvador. De posse deste shape, foi feito o recorte para a área de estudo, utilizando-se da ferramenta clip do QGIS. Deste modo, foi possível separar facilmente, dentro da bacia, os setores censitários definidos como aglomerações subnormais (moradias precárias) daquelas “normais”. Para estabelecer o Peso foi necessário acessar a tabela de atributos e criar um campo relacionando o Peso ao respectivo setor censitário igual ao que foi feito para a variável Renda. Foram arbitrados apenas dois tipos de moradia na área de estudo, denominado como Normal ou Subnormal. Neste campo Peso, associou-se os valores 1 para o atributo Moradia Normal e 2 para as aglomerações subnormais. Assim, para gerar o mapa com os padrões de moradia, utilizou-se novamente o QGIS. Em primeiro lugar acessou-se as propriedades deste shape “Moradia”, na aba estilos, trocou-se apresentação simples pela graduada; selecionou-se o campo Peso, e foi feita classificação. Só há dois intervalos de classe. Associou-se duas cores às classes geradas: Moradia precária associou-se a cor vermelha e Moradias “normais” a cor verde. Deste modo, a variável socioeconômica Padrão de Moradia foi preparada para o próximo passo metodológico que consiste em transformar o shape vetorial em formato matricial (raster).

O shape em formato vetorial foi transformado para raster usando a ferramenta do QGIS Raster/Converter/vetor para raster. Importante associar PESO ao campo de atributo do novo shape (raster) elaborado e salvar este novo arquivo. Daí, segue-se os seguintes passos:

abre-se as propriedades do shape, muda a exibição de banda simples para falsa-cor, carrega os valores de Máx/Min, escolhe a precisão Real, carrega os valores, efetua a classificação e roda o programa; por convenção, as cores claras para baixa vulnerabilidade e cores quentes para alta. Automaticamente é gerado um shape raster com o campo Peso definido associado às duas classes anteriormente definidas.

3) Densidade Demográfica

Para a obtenção do mapa de densidade demográfica foi realizada a seguinte sistemática: Para a definição dos intervalos de classe usou-se como referência a densidade demográfica real de Salvador e a densidade real da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A densidade demográfica do município de Salvador, definida pelo IBGE, com base nos dados do Censo demográfico de 2010, foi de 3.859 habitantes/km². A área de Salvador é objeto de controvérsia, já que, para os cálculos oficiais se considera também a zona marítima. Porém, não há moradores na área marítima. Desta forma, para o cálculo da Densidade Demográfica real, considerou-se a população de Salvador em 2010 de 2.675.656 habitantes (BRASIL, 2010) e dividiu-se apenas pela área continental do município. Encontrou-se a área continental de Salvador na Base Cartográfica Digital da CONDER (1992), o que resultou numa superfície de aproximadamente 309 km² (SALVADOR, 2009). Assim, foi calculada a densidade demográfica real de Salvador e seu valor é de 8.659,08 hab./km². Quanto ao cálculo da densidade demográfica real da área de estudo, a sistemática foi a mesma. Do censo de 2010, sabe-se que a população total da bacia do Rio das Pedras/Pituaçu é de 357.750 habitantes (BRASIL, 2010); a área total da bacia, calculada automaticamente no QGIS foi de 27,4 km². Assim, a densidade demográfica seria de 13.230 hab./km² (BRASIL, 2010); mas, o que se quer é a densidade demográfica real da bacia; então, ela foi calculada pela divisão da população total da bacia pela área urbanizada obtida também automaticamente no QGIS; essa área foi de 18,61 km². A densidade demográfica real da bacia, portanto, foi calculada em 19.223,53 habitantes/km². Estes valores (densidades demográficas reais) foram usados para estabelecer uma faixa, considerando-os como o intervalo categorizado: densidade demográfica Média e adotado o Peso 3. Com relação aos extremos de densidade demográfica, foram obtidos na bacia: 0 (zero) e 168.148 habitantes/km². Para encontrar as demais faixas de densidade demográfica, foram utilizados os seguintes critérios:

- A faixa de valores, enquadrada como categoria da densidade demográfica Muito Baixa, foi definida entre 0 (zero) e 800 (oitocentos) que equivale a aproximadamente um décimo do extremo inferior da faixa de valores enquadrada como Categoria Média (8.659,08 hab./km²);
- A faixa de valores enquadrada como Baixa, envolve os valores entre 801 a 8.659,08 que é a densidade real da cidade de Salvador;
- A faixa de valores enquadrada como Média envolve os valores entre as densidades demográficas reais de Salvador e da Bacia Hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu (8.659,08 a 19.223,53);
- A faixa de valores enquadrada como Alta envolve os valores entre a densidade demográfica real da Bacia Hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu (19.223,53) e, aproximadamente, o dobro do valor encontrado para a densidade demográfica real da bacia (38.000);
- A faixa de valores enquadrada como Muito Alta envolve os valores maiores que o dobro do valor encontrado para a densidade demográfica real da bacia (> 38.000 hab/km²).

De posse destes intervalos de classe, cria-se um novo campo na tabela de atributos, denominado Peso e associa a cada classe de densidade demográfica um peso. Deste modo, a variável socioeconômica: densidade demográfica foi preparada para o próximo passo metodológico que consiste em transformar o shape vetorial em formato matricial. O shape em formato vetorial é transformado para o formato raster usando a ferramenta do QGIS Raster/Converter/vetor para raster. Importante associar PESO ao campo de atributo no raster a ser gerado e salvar em novo arquivo. Daí, segue-se os seguintes passos: abre-se as propriedades do arquivo, muda a exibição de banda simples para falsa-cor, carrega os valores de Máx/Min, escolhe a precisão Real, carrega os valores, classifica-os e roda o programa. Automaticamente é gerado um shape raster com o campo já Peso definido.

2.2.4 Elaboração dos Mapas-Síntese.

Elaboração do Mapa de Suscetibilidade a Inundações.

O Mapa de Suscetibilidade a Inundações foi elaborado por meio da operação algébrica entre os mapas temáticos, das variáveis naturais, obtidos na etapa anterior, efetuada pela ferramenta Calculadora Raster do QGIS 2.14.14. Uma tela específica se abre ao acionar a calculadora raster no QGIS. Esta ferramenta possibilitou a operação algébrica entre os shapes,

em formato raster, de Uso, Ocupação & Cobertura do solo, Hipsometria e Declividade. Estes shapes foram somados e multiplicados, em idêntico procedimento a uma operação de soma e multiplicação de matrizes. A operação algébrica efetuada foi: (Uso, Ocupação & Cobertura do solo + Declividade) x Hipsometria.

Rapidamente foi criado um novo shape (Mapa de Suscetibilidade) com a soma e multiplicação dos pixels que formam as imagens de cada raster envolvido na operação. Para associar uma rampa de cores, procede-se da maneira que já foi descrita anteriormente para os mapas temáticos. Acessa-se as propriedades do shape, troca-se a banda cinza simples por falsa-cor; carrega os valores de máximo e mínimos e precisão Real, no Modo contínuo; escolhe o número de classes desejadas, no caso, sempre cinco (5) e roda o algoritmo. Os limites extremos encontrados foram 3 e 50 (limite mínimo e máximo); entre estes limites, foram estabelecidos os seguintes intervalos e associados com as classes de suscetibilidade. Muito Baixa (3 a 12,4); Baixa (12,4 a 21,8); Média (21,8 a 31,2); Alta (31,2 a 40,6); Muito Alta (40,6 a 50). O quadro com as classes, pesos e etc. estão apresentadas no Capítulo 4 relativo à Álgebra de Mapas. Este shape foi reclassificado utilizando-se da ferramenta recode do algoritmo do GRASS 7. O processo de reclassificação usando o recode já foi descrito anteriormente. A regra especificamente criada, em formato “.txt”, associou os intervalos de classe aos seus respectivos pesos. Assim, a classe Muito Baixa obteve Peso 1; a Classe Baixa obteve o Peso 2; a Classe Média obteve Peso 3; a classe Alta obteve Peso 4 e a classe Muito Alta obteve Peso 5.

Elaboração do Mapa de Vulnerabilidade Social

O Mapa de Vulnerabilidade Social foi elaborado por meio da operação algébrica, entre os mapas temáticos das variáveis Socioeconômicas, obtidos na etapa anterior. Uma tela específica se abre ao acionar a ferramenta Calculadora Raster do QGIS 2.14.14. Esta ferramenta efetuou a operação algébrica entre os arquivos, em formato raster, de Renda, Densidade Demográfica e Tipo de Moradia. Estes shapes (Renda e Densidade Demográfica) foram somados e o resultado foi multiplicado pelo raster Tipo de Moradia, em idêntico procedimento a uma operação de soma e multiplicação de matrizes. Rapidamente, foi criado um novo shape no formato raster (Mapa de Vulnerabilidade Social) com a soma e multiplicação dos pixels que formam as imagens de cada raster envolvido na operação. Para associar uma rampa de cores, procede-se da maneira que já foi descrita anteriormente para os mapas temáticos. Os limites mínimo e máximo encontrados foram 2 e 20; entre estes limites, foram estabelecidos intervalos e associados com as classes de vulnerabilidade. Muito Baixa (2 a 5,6); Baixa (5,6 a 9,2); Média (9,2 a 12,8); Alta (12,8 a 16,4); Muito Alta (16,4 a 20).

O quadro com as classes e pesos está apresentado no Capítulo 4, relativo à Álgebra de Mapas. Este shape foi reclassificado também utilizando-se da ferramenta recode do algoritmo do GRASS 7. A regra especificamente criada, em formato “.txt”, associou os intervalos de classe aos seus respectivos pesos. Assim, a classe Muito Baixa obteve Peso 1; a Classe Baixa obteve o Peso 2; a Classe Média obteve Peso 3; a classe Alta obteve Peso 4 e a classe Muito Alta obteve Peso 5.

2.2.5 Elaboração do Mapa de Riscos de Inundação

O Mapa de Riscos de Inundação foi elaborado por meio da operação algébrica entre os mapas temáticos obtidos na etapa anterior, possibilitada pela ferramenta Calculadora Raster do QGIS 2.14.14. A operação que possibilitou a geração do mapa de riscos de inundação foi a soma dos Mapas de Suscetibilidade a Inundações e de Vulnerabilidade Social. Esta ferramenta possibilitou a operação algébrica entre os Shapes em idêntico procedimento a uma operação de soma de matrizes. Rapidamente, foi criado um novo shape (Mapa de Riscos de Inundação) resultante da soma dos pixels que formam as imagens de cada raster envolvido na operação. Ao raster gerado, carrega-se os valores Max/Min e Precisão Real; deste modo, o shape está pronto para mudar o tipo de renderização de banda simples cinza para falsa-cor; depois, novamente carrega os valores Max/min e precisão real; classifica-se o shape, escolhendo o modo: intervalos iguais e o número de 5 classes; para associar uma rampa de cores, procede-se da maneira que já foi descrita anteriormente para os mapas temáticos. Aos limites encontrados (7 e 61) foram associados os intervalos e associados com as categorias de risco. Muito Baixa (7 a 17,8); Baixa (17,8 a 28,6); Média (28,6 a 39,4); Alta (39,4 a 50,2); Muito Alta (50,2 a 61). Este shape foi reclassificado também utilizando-se da ferramenta recode do algoritmo do GRASS 7. A regra especificamente criada, em formato “.txt”, associou os intervalos de classe aos seus respectivos pesos. Assim, a classe Muito Baixa obteve Peso 1; a Classe Baixa obteve o Peso 2; a Classe Média obteve Peso 3; a classe Alta obteve Peso 4 e a classe Muito Alta obteve Peso 5. De posse do mapa de inundações, foi possível efetuar a avaliação dos riscos de inundação, identificando as áreas críticas. Cabe ressaltar que a adição do plano de informação setores censitários e uma imagem de satélite ao mapa de riscos de inundação permitiu destacar qual os bairros e até mesmo as ruas com os maiores riscos de inundação dentro da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

2.2.6 Avaliação dos Riscos de Inundação

Discorreu-se sobre este tema no Capítulo 4 Álgebra de Mapas, no item 4.4.

CAPÍTULO 3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL E SOCIOECONÔMICA

Os fatores que se inter-relacionam e são responsáveis pela ocorrência de eventos de inundação podem ser divididos em: transitórios, os quais estão associados à ocorrência de chuvas, taxas de evapotranspiração e grau de saturação do solo; e permanentes, que correspondem às características morfométricas da bacia de drenagem e à geologia; ou mistos, que estão relacionados ao tipo de uso e ocupação do solo (COOKE; DOORNKAMP, 1990 *apud* BITAR, 2014 p.18). A abordagem adotada neste trabalho para o mapeamento de suscetibilidade a inundações é semelhante ao trabalho efetuado pela CPRM: Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações na escala de 1:25.000 em diversas capitais no país, inclusive em Salvador, desenvolvidas em atenção a diretrizes específicas da Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2013), que estabelece a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC). Segundo Bitar (2014), as cartas abordam processos do meio físico que podem gerar desastres naturais no País e sua elaboração encontra-se sob a coordenação nacional do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, as quais se baseiam nos fatores permanentes, tais como: as características geológicas, topográficas e morfológicas das bacias que favorecem o transbordamento do nível d'água por ocasião de chuvas intensas. Para a avaliação dos riscos de inundação, no entanto é preciso ampliar a abordagem e incluir a análise socioeconômica da população para conhecer a sua vulnerabilidade. Este capítulo descreve e discute os fatores naturais e os socioeconômicos e sua relação e importância com os processos de geração de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

3.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-NATURAL

De acordo com Tominaga *et al.* (2009) a ocorrência de inundação é analisada pela combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos. Entre os condicionantes naturais destacam-se: clima; formas do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características dos solos; presença ou ausência da cobertura vegetal. Portanto, a seguir, a caracterização destes fatores e sua importância no processo de geração de inundações na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

3.1.1 Clima

Nesta pesquisa, o clima foi tratado como um fator transitório, um gatilho gerador de todo o processo formador das inundações; além do mais, a área de estudo é espacialmente reduzida para gerar qualquer variação climática, dentro da bacia, detectável na escala deste estudo. Por isso, o clima não será considerado um plano de informação a ser modelado. Vários autores assumiram essa condição, tais como: Rezende et al. (2017), Andrade et al. (2014), Reis (2011) e etc.

O clima é uma das fontes principais de desastres que ocorrem no Brasil. A Codificação Brasileira (BRASIL, 2005) estabeleceu dentro da categoria Natural, os grupos de desastres relacionados à climatologia, à meteorologia e à hidrologia. Destes, os que dizem respeito aos objetivos desta pesquisa, são os desastres hidrológicos, os quais estão ligados às inundações e às enxurradas. A primeira análise a ser feita deste aspecto será pela avaliação das características climáticas da região.

A atuação de vários sistemas meteorológicos é responsável pelo regime climático e por três principais períodos chuvosos na região Nordeste do Brasil. São os seguintes os sistemas atuantes: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS); Sistemas Frontais (SF); Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAS) e também sistemas de mesoescala como os Distúrbios de Leste (DL), e sistemas de Brisas (CHAVES, 1999; ARAÚJO & RODRIGUES, 2000, *apud* SANTANA, 2014 p.37).

Com relação ao estado da Bahia, as combinações destes vários sistemas meteorológicos junto às especificidades locais proporcionam uma grande variabilidade climática. Fatores como relevo, albedo e forma geográfica desempenham importantes papéis na versatilidade do clima no estado. Em Salvador, os fatores geoFiguras que dinamizam o clima são: a baixa latitude, que lhe confere temperaturas elevadas e uniformes ao longo do ano; alta umidade do ar, devido à forte influência marítima; mecanismo das brisas, em decorrência da variação diurno-noturna das temperaturas das superfícies continentais e oceânicas, que, por sua vez, concorrem na diminuição da amplitude térmica diária, favorecendo ao surgimento de áreas com maior conforto ambiental; e as formas do relevo, cujo predomínio de colinas, espigões e vales interfere na circulação do ar (PALMA, 2010 *apud* SANTANA, 2014 p.38).

Para entender o comportamento da chuva (intensidade e distribuição) na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, foi analisada a série histórica da medida das alturas de precipitação, da precipitação máxima ocorrida em um determinado mês do ano e o número de

dias com chuvas em determinado ano, entre 1964 e 2015, extraídos dos dados medidos na Estação de Ondina, (BRASIL, Acesso em 2016). Cabe destacar que a série não é contínua e apresenta falhas nos registros entre os anos de 1971 e 1972; de 1981 a 1985; nos meses de junho, setembro e novembro de 1986; fevereiro e julho de 1988; praticamente o ano de 1989 e metade do ano de 1990. Também foram utilizadas as séries históricas, para correlação dos dados com a estação Ondina, das estações pluviométricas estaduais situadas no Parque do Abaeté e no bairro de Canabrava. O Quadro 3 fornece as informações cadastrais da estação localizada no zoológico de Salvador.

Quadro 3. Informações cadastrais da estação pluviométrica de Ondina

INFORMAÇÕES CADASTRAIS		
MUNICÍPIO	SALVADOR	
ESTAÇÃO	ONDINA	
BACIA	RECÔNCAVO NORTE	
TIPO	PCD - CLIMATOLÓGICA	
COORDENADAS	LATITUDE	13°01'00" S
	LONGITUDE	38°31'00" W

Fonte: BRASIL. Acesso em: jun. 2016

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Os parâmetros de análise serão: 1) Total precipitado por blocos (O total da precipitação em cada ano pertencente a um determinado bloco foi somado, formando um dado representativo daquele bloco); 2) Máximo de chuva em um dado mês, considerando todo o ano e; 3) Número de dias com chuva em cada ano.

Apenas com relação aos dados do total precipitado por ano, a série foi analisada considerando cinco blocos (períodos de tempo agrupados) distintos, obedecendo às quebras cronológicas no registro dos dados. A primeira série de dados corresponde ao período entre 1964 e 1970; o segundo entre 1973 e 1980; depois tem-se de 1991 a 1999; outro de 2000 a 2010 e por fim de 2011 a 2015. Desta forma, o bloco um engloba o valor médio do total precipitado no período de 1964/70, por exemplo; o segundo de 1973/80 e assim por diante. Os Figuras gerados apresentam o resultado dos dados. Da análise dos dados apresentados na Figura 17 observa-se o seguinte.

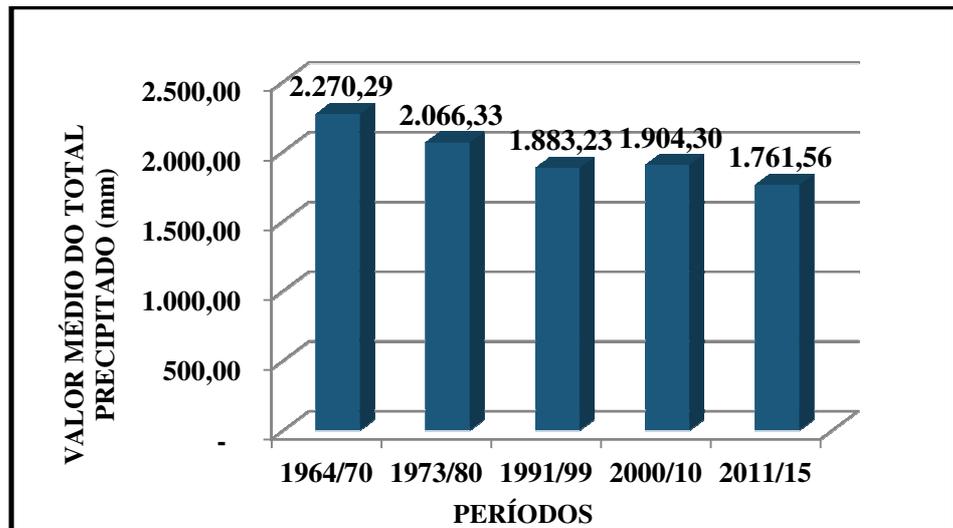


Figura 17. Média por período do total de chuvas por ano (1964 a 2015) na estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Há uma leve e gradual diminuição nos totais precipitados, com um leve aumento no bloco 2000/10 para logo em seguida retornar à tendência leve de queda. Pode-se inferir então, se se mantiver essa tendência, essa gradual diminuição da quantidade de chuva poderá proporcionar menor risco para inundações com o passar do tempo. O decênio 1964/70 apresentou o período com maior média de precipitação com 2.270 mm e o período 2011/15, a menor média com 1.761 mm. A média total entre todos os períodos é de 1.977,14 mm entre 1964 e 2015.

O segundo parâmetro analisado diz respeito ao mês mais chuvoso em determinado ano. Isso nos informa sobre a concentração da chuva e a quantidade precipitada, os quais são fatores preponderantes para a formação de inundações. A Figura 18 ilustra esse fato. Ele apresenta a porcentagem de chuva concentrada em um mês em relação à chuva total em um ano. Para exemplificar, em 2012 foi observado o máximo desta série; choveu 15%, no mês de maio, de toda a chuva daquele ano.

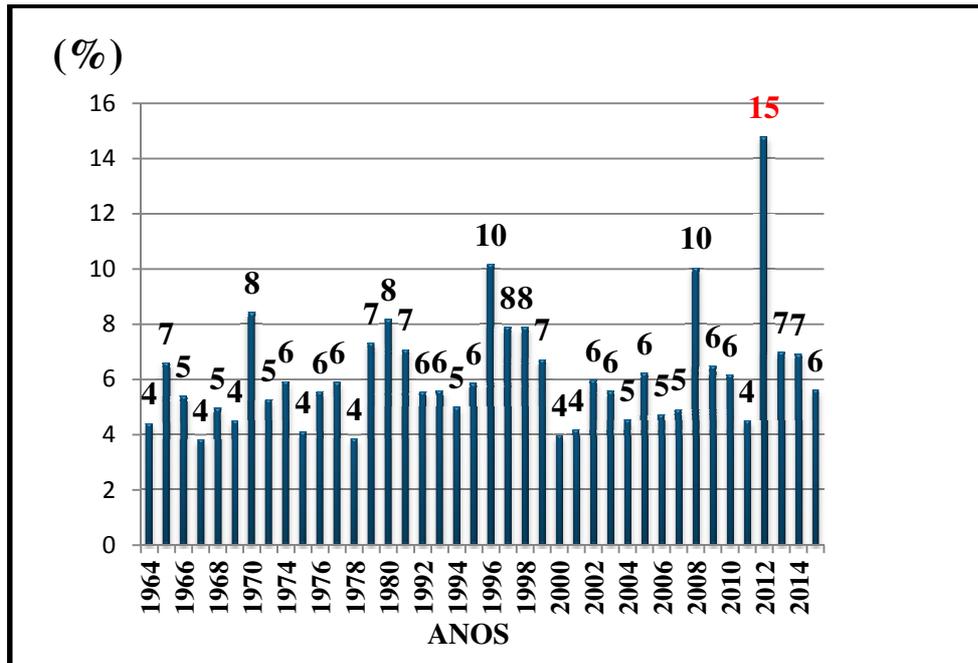


Figura 18. Porcentagem de chuva precipitada em um determinado mês no Período entre 1964/2015 na Estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 19 traz outro exemplo; os dados representados são a quantidade de chuva por mês, no período entre 1964 a 1970. Porém, nesta Figura não se discriminou os meses em que ocorreram estas máximas. Sabe-se, no entanto, que, nesse caso, em 1970, o mês foi maio; este foi o mês em que ocorreu a maior quantidade de chuva, precipitando mais de 160 mm.

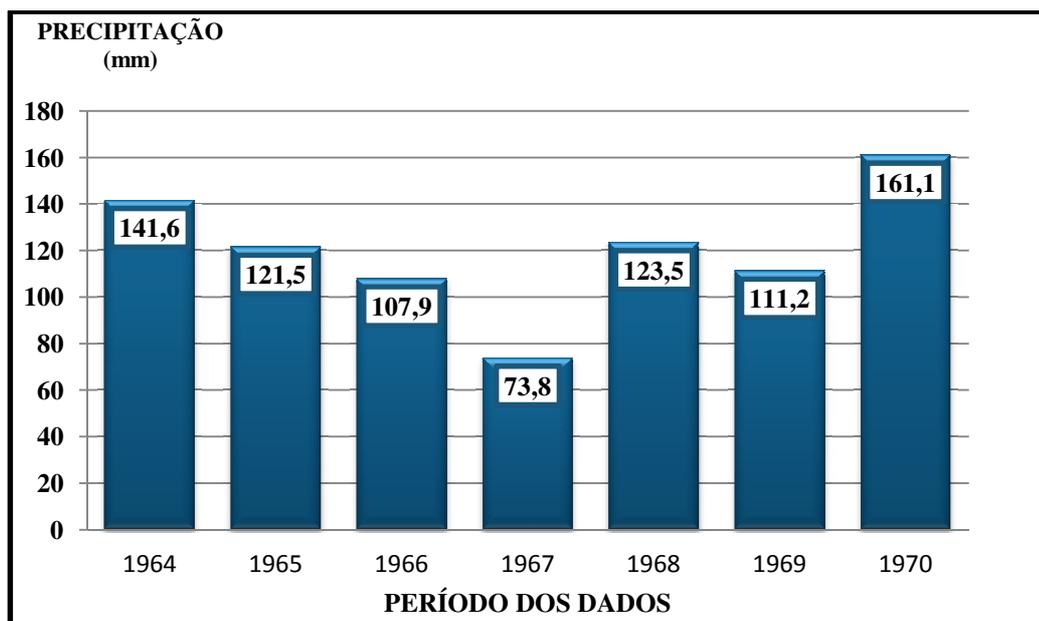


Figura 19. Pluviosidade máxima em determinado mês entre 1964/70, na estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Tanto as chuvas concentradas e intensas quanto as chuvas moderadas, mas contínuas, podem proporcionar condições para provocar inundações. Assim, com o objetivo de analisar se o clima da região proporciona períodos com chuvas concentradas as Figuras de 20 a 23 apresentam conjuntamente os dados de máximo de chuva observada em um determinado mês do ano e o número de dias com chuva nesse mesmo ano. A Figura 20 apresenta o período entre 1964 e 1970. Um dado que se extrai é que as alturas máximas em um dado mês do ano está inversamente relacionada com o número de dias que choveu neste mesmo ano. Assim, verifica-se que a menor altura de precipitação de toda a série ocorreu no ano de 1967 (73,8 mm), cujo ano apresenta um número grande de dias com chuva (228 dias). O contrário também ocorre, a maior altura (161,1 mm) se verificou em um dos anos que menos choveu (203 dias) mostrando a concentração de chuva em menor quantidade de dias.

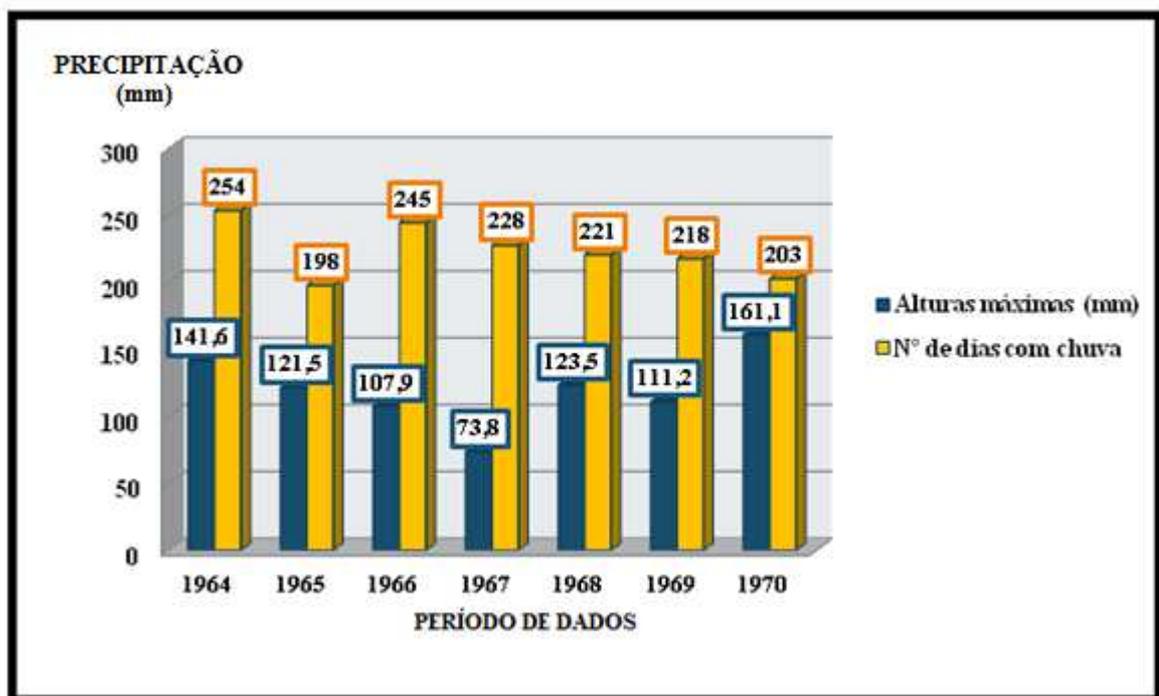


Figura 20. Alturas máximas e número de dias com Chuva entre 1964/70, na estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P

A Figura 21 apresenta o período entre 1973 e 1980. Este foi um período que houve um grande número de dias com chuva. Observou-se que foi em 1976 o ano com menor quantidade de dias com chuva no período (192 dias) e também o ano em que houve a menor altura de chuva em um determinado mês do ano (79,3 mm).

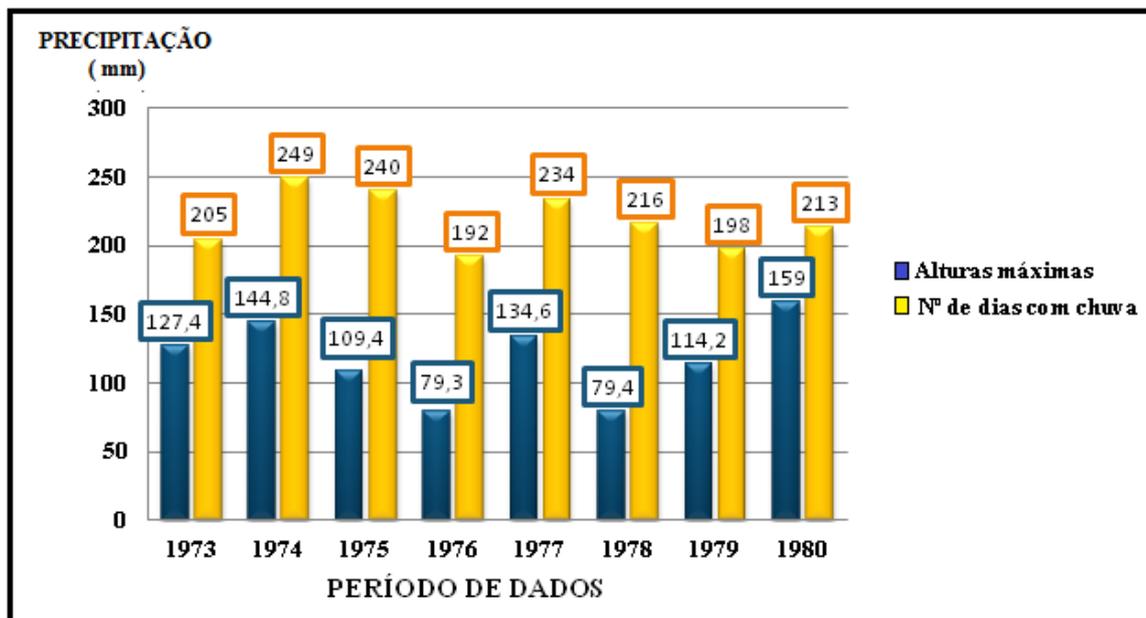


Figura 21. Alturas máximas e número de dias com chuva. Período entre 1973/80, na Estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 22 mostra um período correspondendo a uma década de registros. Neste período ocorreu a maior altura de chuva em um único mês (232,5 mm) em 1996.

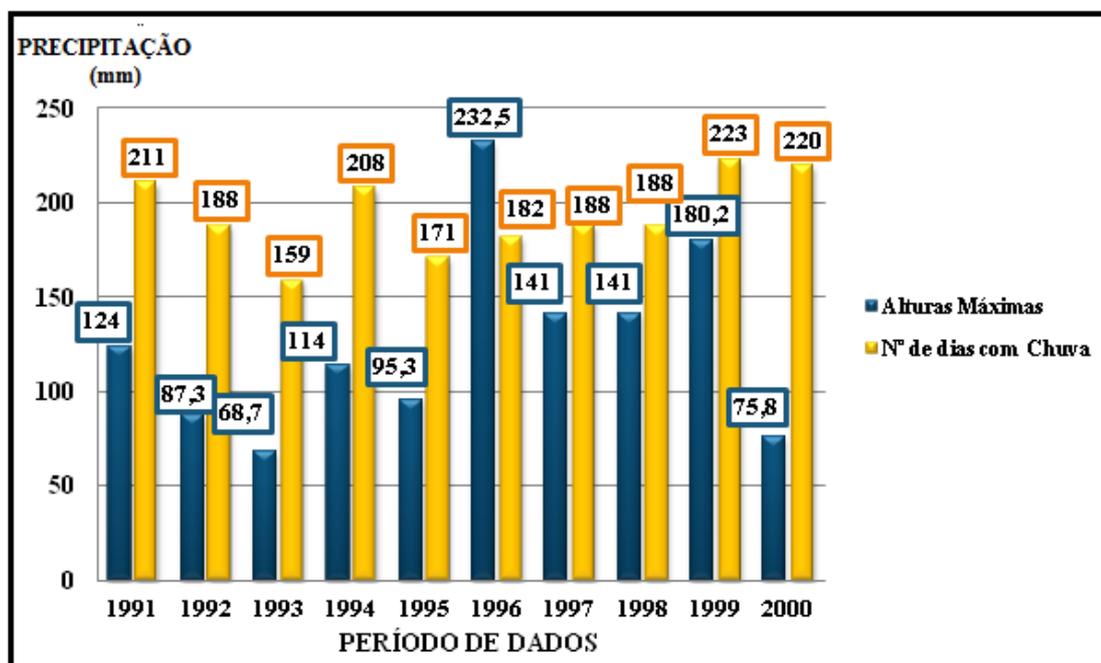


Figura 22. Alturas máximas e número de dias com chuva entre 1991/00, na estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 23 apresenta a menor série de registros. Esta Figura apresenta uma tendência de queda na concentração de chuvas em um dado mês. Porém, o número de dias com chuva (frequência de chuvas) continua com pouca variação.

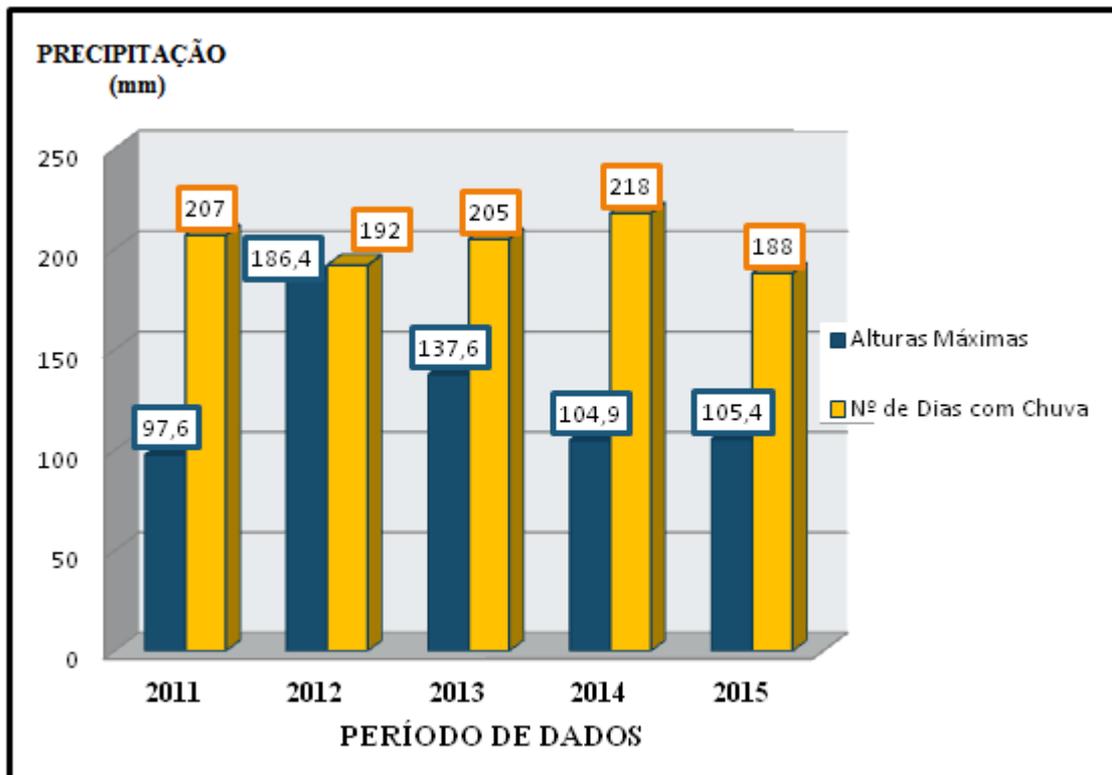


Figura 23. Alturas máximas e número de dias com chuva entre 2011 e 2015, na estação de Ondina, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: jun.2016.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

O maior número de dias com chuva está relacionado tanto ao volume de água que escoar na bacia, quanto ao encharcamento do solo; deste modo, quanto mais volume de água e quanto mais encharcado estiver o solo, maior o escoamento superficial, podendo gerar mais facilmente processos de inundação na bacia hidrográfica. Analisando toda a série, observou-se que o ano de menor número de dias com chuva foi o de 1993, com 159 dias; a média calculada foi de 218 dias com chuva por ano. Isto quer dizer que em quase 60% dos dias, está chovendo em Salvador-BA. Com relação às alturas precipitadas, está diretamente ligada a fenômenos de enxurradas e inundações se ocorrer em períodos curtos. Pelos dados da Estação de Ondina, observa-se que, em média, entre 1964 e 2015, em um mês chove 123 mm que, dependendo da distribuição durante o mês, pode ocasionar episódios de inundação. Destaca-se que a altura máxima de chuva em um determinado mês ocorreu em 1996, com 232,5 mm de chuva, representando quase o dobro da média observada no período. A menor altura precipitada, registrada na Estação Ondina foi de 68,7 mm, em 1993, quase a metade da média

no período. Deste modo, verifica-se que há condições para gerar inundações no local em que está situada a estação pluviométrica.

Como a estação pluviométrica de Ondina está a cerca de 10 km de distância da área central da bacia hidrográfica estudada, foi necessário verificar se os dados obtidos naquela estação poderiam servir de base para estudos da precipitação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras, por isso foram feitas as comparações entre as séries, verificando os mesmos parâmetros e tomando por base as estações geridas pelo INEMA: estações Abaeté e Canabrava, as quais possuem séries históricas de pelo menos dez anos e estão localizadas mais próximas da bacia. A Figura 24 exibe a localização destas estações.



Figura 24. localização das estações pluviométricas usadas no estudo do clima na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Fonte: GOOGLE EARTH. Acesso em: nov. 2017.

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Os dados cadastrais das estações Abaeté e Canabrava estão resumidos no Quadro 4.

Quadro 4. Dados cadastrais das estações pluviométricas do Abaeté e Canabrava

INFORMAÇÕES CADASTRAIS					
ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	BACIA	TIPO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
ABAETÉ	SALVADOR	RECÔNCAVO NORTE	PLUVIOMÉTRICA	12°56'37"S	38°21'36"W
CANABRAVA				12°55'22"S	38°25'44"W

Fonte: BAHIA. Acesso em: jun.2017.

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Cabe destacar que a estação Abaeté se encontra a 8 km do centro da bacia (aproximadamente no CAB). Quanto à estação Canabrava, ela se encontra mais próxima da bacia, situando-se a 3 km do centro. Ressalta-se que a estação de Ondina se encontra a 10 km do centro da bacia. A série de dados que permitiu uma análise conjunta está compreendida no período entre 2005 e 2010. Apesar de ser uma série pequena para equiparação, serviu para verificar que as estações possuem a mesma tendência de comportamento. Assim, analisando a pluviosidade total nas três estações, observa-se que a correspondência maior se verifica entre as estações de Ondina e Canabrava, mas todas exibem o mesmo comportamento ou tendência. Cabe destacar que não houve registro de dados pluviométricos no ano de 2007 na estação do Abaeté.

A Figura 25 apresenta a comparação dos dados das três estações com relação às máximas (maior pluviosidade verificada em um mês por ano). Pode-se notar que Ondina apresentou maior máxima até 2009. Em 2010 a máxima verificada foi justamente na estação Canabrava. Porém, a tendência das estações é a mesma e a correlação pode ser feita sem maiores discrepâncias.

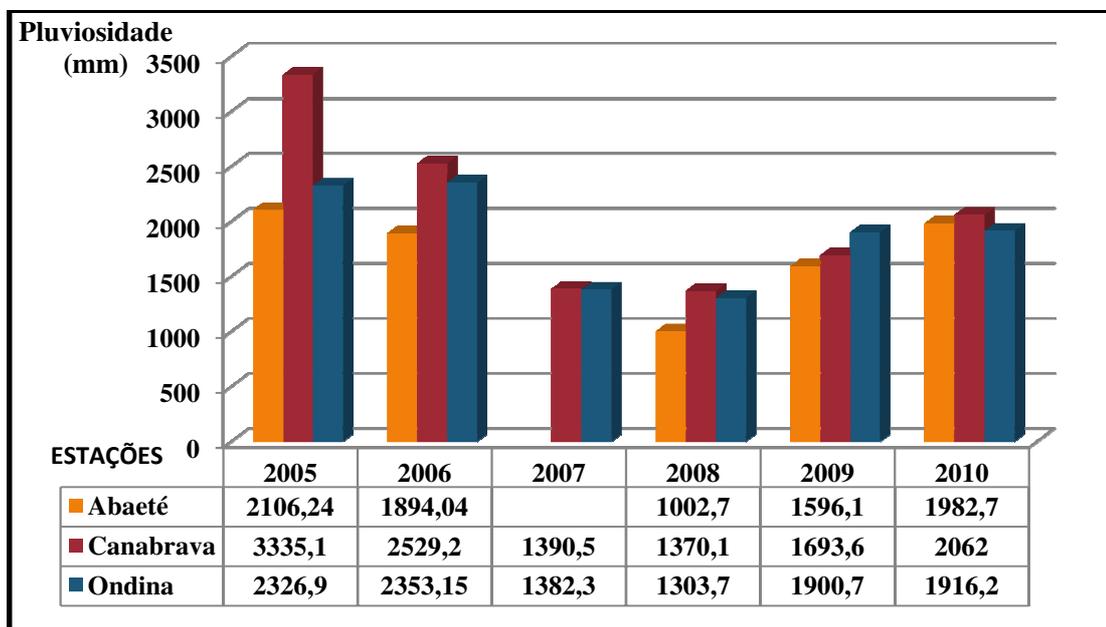


Figura 25. Alturas máximas em determinado mês entre 2005 e 2010 em Salvador-BA.
 Fonte dos dados: BAHIA. Acesso em: jun.2017 e BRASIL. Acesso em: jun.2016.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 26 mostra a correlação entre as estações. A estação Ondina apresenta maior número de dias com chuva, mas a tendência é absolutamente a mesma, o que corrobora com o aproveitamento da série de dados da estação Ondina para subsidiar a análise climática na região da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

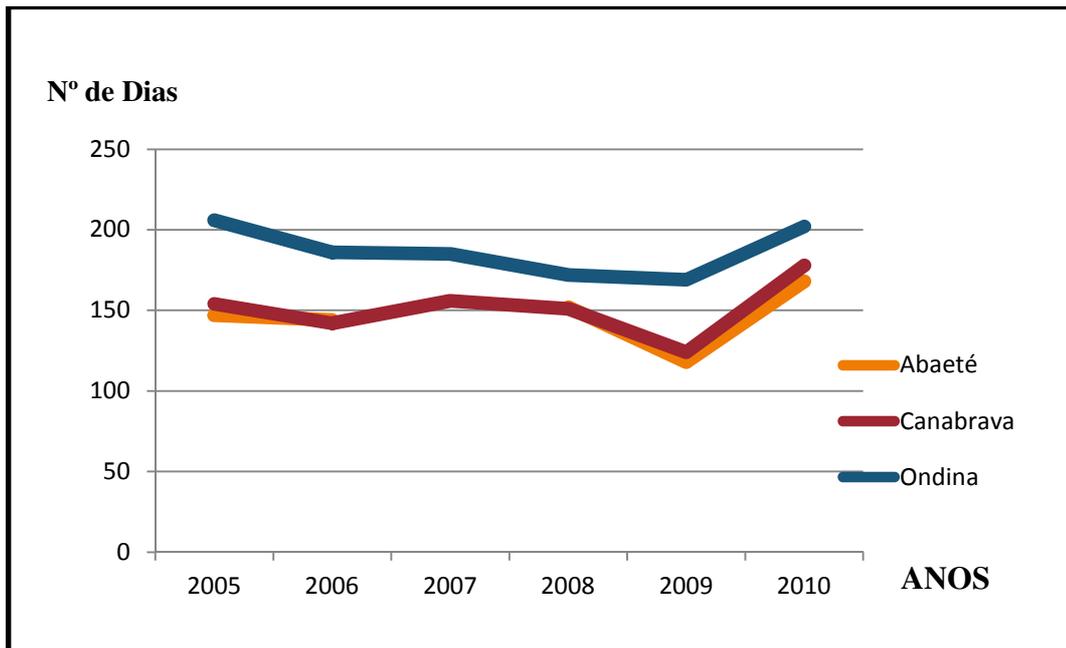


Figura 26. Número de dias com chuva no período entre 2005 e 2010 em Salvador-BA. Fonte dos dados: BAHIA. Acesso em: jun.2017 e BRASIL. Acesso em: jun.2016. Elaboração: SILVA, C.R.P.

Deste modo, a análise climatológica e de precipitações corroborou com a hipótese aventada de que o clima local e o regime de precipitações favorecem a concentração de chuvas em determinado período do ano, proporcionando as condições necessárias para a geração de inundações.

3.1.2 Geologia e Geomorfologia

Geologia e Geomorfologia são dois dos aspectos fisiográficos mais importantes na análise dos processos formadores de inundação em uma região porque condiciona a topografia, as formas de relevo e a maior ou menor impermeabilização do substrato, além da influência na dinâmica das águas superficiais e subterrâneas. Desta forma, influenciando na distribuição da água de chuva na bacia, definindo a parcela que infiltra e a velocidade que escoou pelo terreno e a amplitude da flutuação do lençol freático.

O Estado da Bahia está inserido no domínio geológico do Cráton do São Francisco, o qual faz parte do embasamento cristalino do Escudo Sul-Americano. Entendendo-se como Cráton as unidades geológicas muito antigas da crosta continental, tendo se mantido relativamente estáveis por no mínimo 500 milhões de anos sem sofrerem eventos magmáticos ou tectônicos. A Figura 27 mostra as grandes estruturas geológicas que compõem a América do Sul: Andes (estrutura a oeste e alongada no sentido norte-Sul) Coberturas Fanerozoicas e o Embasamento Cristalino de idade Arqueana/Proterozoica (blocos de cor violeta). Cabe

destacar que, inserido na Estrutura do embasamento cristalino se encontra o Cráton do São Francisco, em que o município de Salvador e a área da pesquisa se encontram.

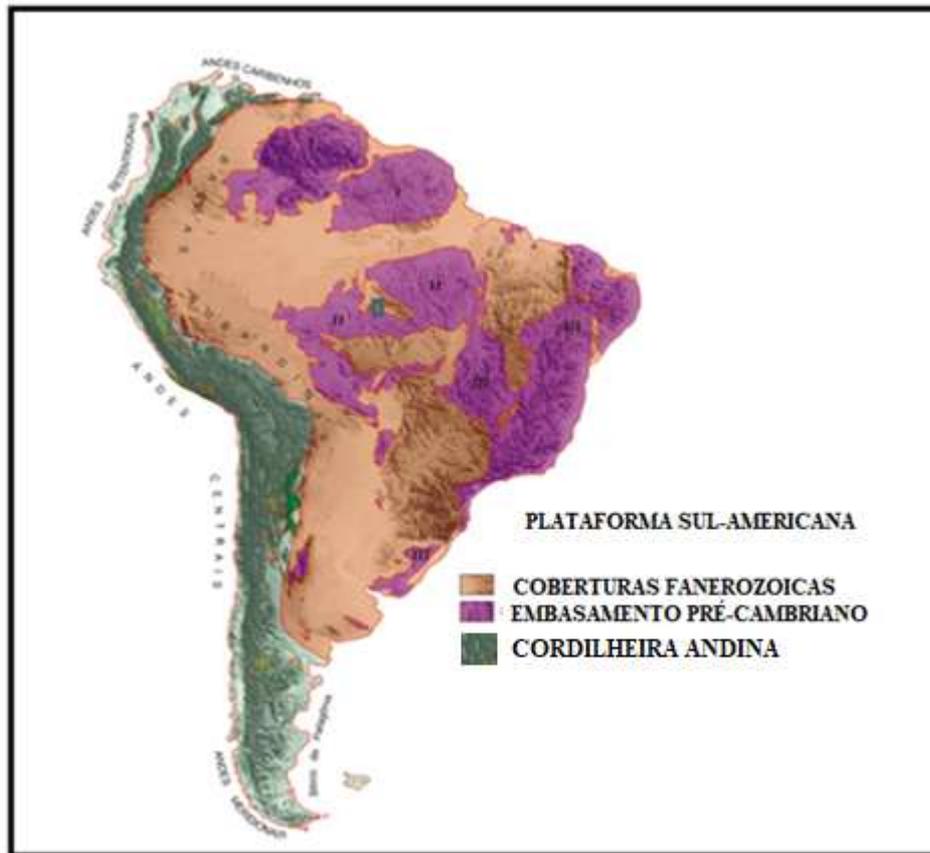


Figura 27. Arcabouço geológico da América do Sul
 Fonte: SOUZA-OLIVEIRA et al., 2014.
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

De acordo com Barbosa e Sabaté (2002, 2003, 2004) *apud* Santana (2014), o embasamento do Cráton do São Francisco no Estado da Bahia é subdividido em quatro segmentos costais: Bloco Gavião, Bloco Jequié, Bloco Serrinha e o Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá – ISCB (Itabuna-Salvador-Curaçá Belt). A cidade de Salvador está inserida no Cinturão Salvador-Esplanada (Salvador-Esplanada-Belt SEB), este domínio geológico é constituído por rochas metamórficas, orientadas segundo a direção NE-SW (BARBOSA e DOMINGUEZ, 1996 *apud* SANTANA, 2014 p. 27). A Figura 28 mostra o Domínio SEB onde Salvador está inserida.

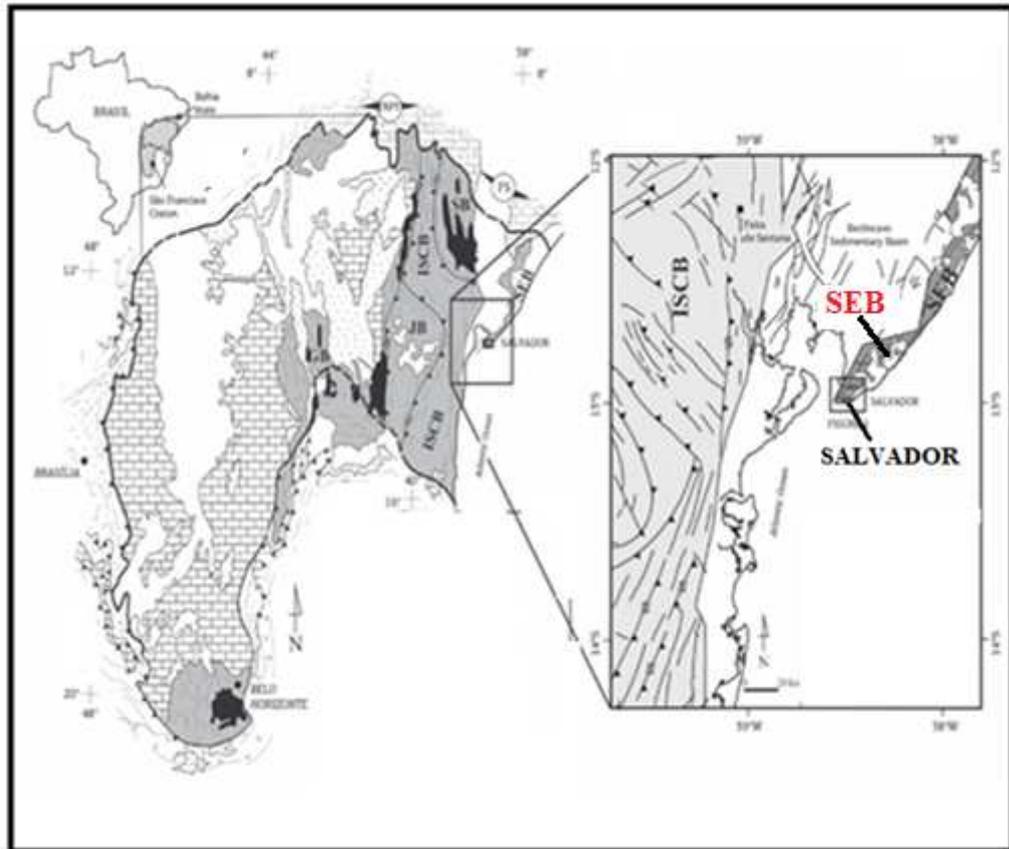


Figura 28. Localização da área da cidade de Salvador-BA em relação ao Cráton do São Francisco

Fonte: SOUZA-OLIVEIRA *et al.*, 2014.

Adaptação: SILVA, C.R.P.

A Figura 29 apresenta a localização do Bloco ISCB, do Cinturão SEB, além das Coberturas Fanerozoicas. Esta Figura mostra também que a área de estudo está totalmente inserida na unidade Cinturão Salvador-Esplanada (SEB).

A região que compreende a cidade de Salvador foi subdividida em três domínios geológicos principais: (i) a Bacia Sedimentar do Recôncavo, que faz parte de um sistema maior denominado Recôncavo-Tucano-Jatobá, sendo limitada a leste pelo sistema de falhas de Salvador, a oeste pela falha de Maragogipe, a norte e noroeste pelo Alto de Aporá, e a sul pelo sistema de falhas da Barra (ii); a Margem Costeira Atlântica, formada por depósitos terciários e quaternários os quais são constituídos por acumulações pouco espessas de sedimentos inconsolidados de natureza argilosa, arenosa e areno-argilosa, e; (iii) o Alto de Salvador que representa um “horst” de rochas cristalinas, metamórficas de alto e médio grau (BARBOSA *et al.* 2005 *apud* SANTANA, 2014 p. 27).

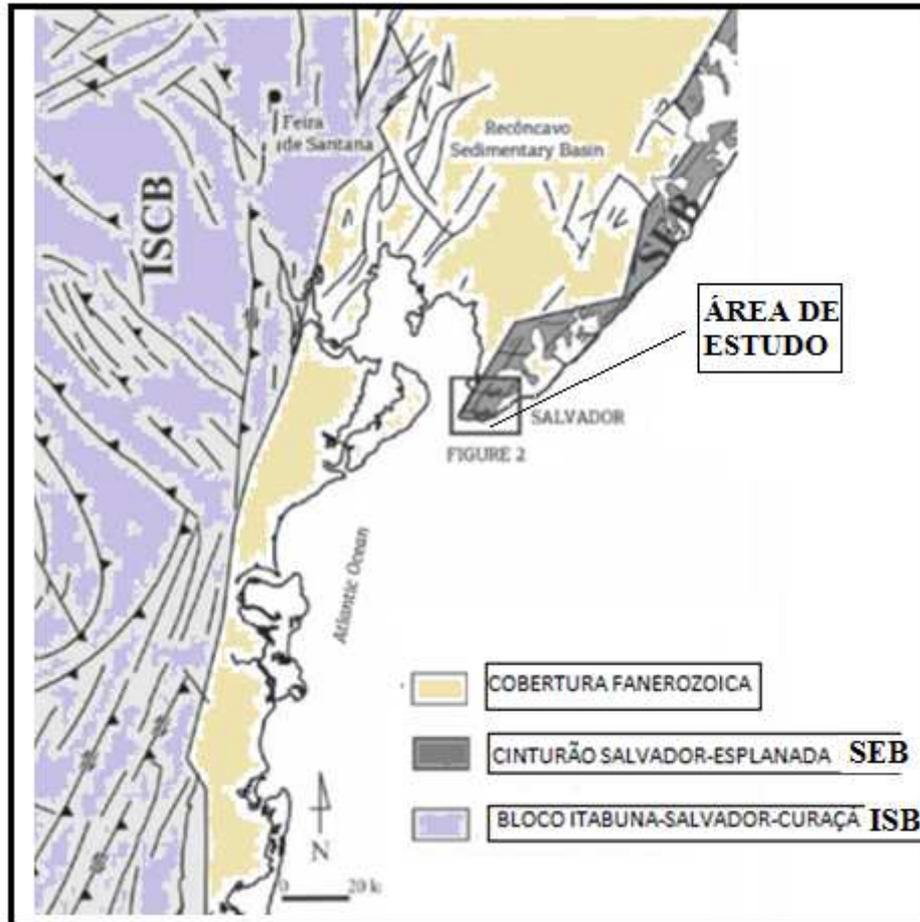


Figura 29. Área de estudo localizada na região de Salvador-BA e estruturação geológica.

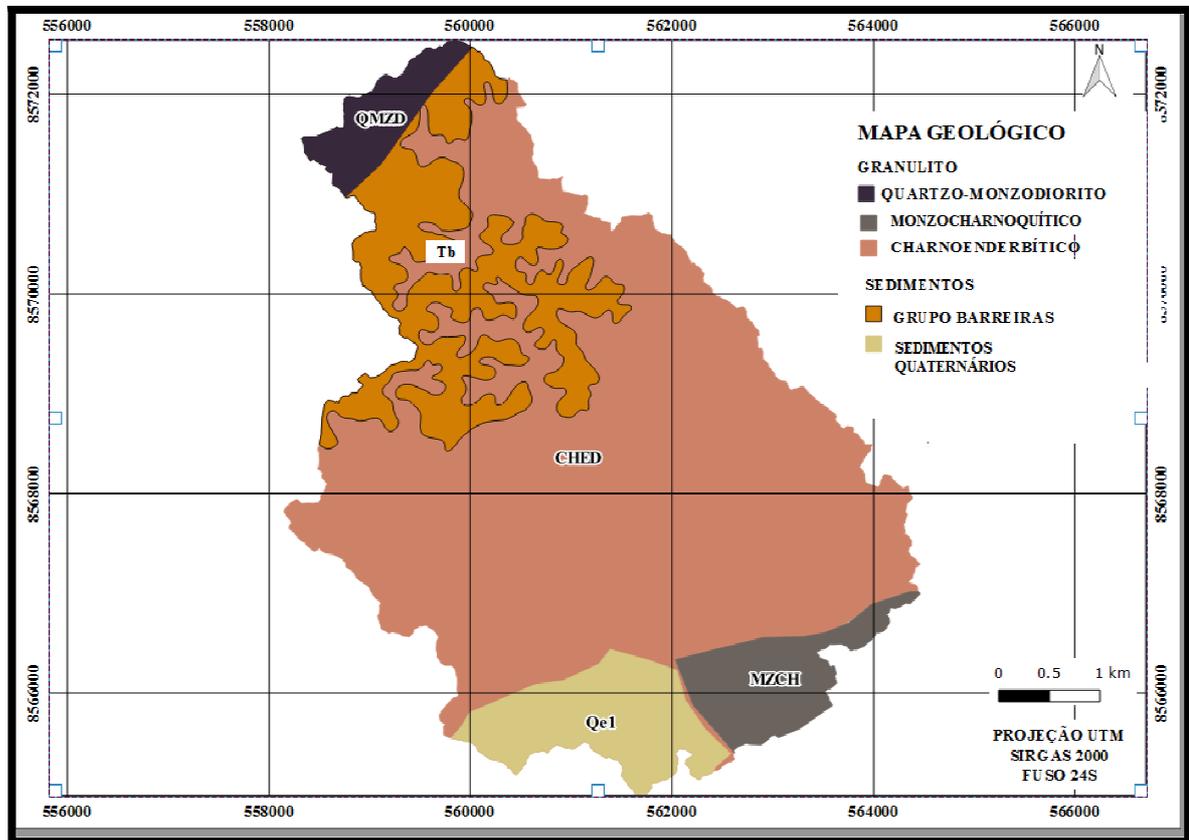
Fonte: SOUZA-OLIVEIRA *et al.*, 2014.

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Cabe esclarecer que Horst é a designação dada em geologia estrutural e em geografia física a um bloco de território elevado em relação ao território vizinho por ação de movimentos tectônicos. O Mapa 2 representa o recorte geológico para a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Na bacia estão representados os seguintes litotipos: Quanto às Rochas Arqueanas, estão representadas pelos: Granulitos Quartzo-Monzodioritos (QMZD); Granulitos Monzocharnockíticos (MZCH) e Granulitos Charnoenderbíticos (CHED); com relação às Rochas do Mesozoico não há representantes nesta área; As rochas do Período Terciário encontradas na bacia são: Sedimentos arenosos e argilosos do Grupo Barreiras (Tb); e as rochas representativas do Período Quaternário são: areias com conchas marinhas e cimento carbonático e dunas (Qe1). Com relação às estruturas geológicas destaca-se a falha do Iguatemi que corta a bacia quase ao meio e coincide com o trajeto da Avenida Luiz Vianna (Paralela).

Deste modo, a geologia da região, composta por rochas cristalinas, por apresentar um substrato pouco permeável na superfície e, em profundidade, limitando a flutuação do lençol

frático em tese favoreceria a geração de inundações, mas como não foi escopo deste trabalho o mapeamento das estruturas geológicas em campo, não se considerou este tipo de situação; portanto, a influência da litologia estaria ligada apenas à formação do relevo.



Mapa 2. Mapa Geológico da Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu, Salvador-BA.
 Fonte dos dados: SOUZA-OLIVEIRA *et al.*, 2014.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A geomorfologia, de acordo com Christofolletti (1981), é a ciência que estuda as formas de relevo. Estas formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem. É o seu aspecto visível, o seu desenho que conforma o modelado topoFigura de uma área. Assim, de acordo com Florenzano (2008), o relevo contemporâneo é o resultado de dois processos que atuaram de forma oposta ao longo do tempo geológico: as atividades tectono-estruturais e os processos climáticos. O objeto de estudo da geomorfologia é a morfologia (dividindo-se em morfografia e morfometria); a morfogênese, a morfodinâmica e a morfocronologia.

A análise do relevo não é só importante para os estudos da geomorfologia, ele serve de parâmetro para estudos de fragilidade ambiental e vulnerabilidade social. Para a caracterização do relevo, a análise focou na morfografia que é a descrição das formas e na

morfodinâmica que são os processos atuantes na geração e manutenção das formas de relevo. Cabe destacar que no item sobre análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu fez-se um estudo mais detalhado desta parte da morfologia.

Deste modo, considerando o relevo para os propósitos desta pesquisa, pode-se dizer que ele joga um papel muito importante no entendimento dos processos de formação das inundações. É ele que recebe a água precipitada das chuvas, determinando o quanto vai escoar ou infiltrar no solo e em que taxa isso acontece, dependendo da declividade; além disso, ele controla a velocidade dos cursos hídricos ao se deslocar na superfície, definindo, por fim, locais de acumulação das águas.

Quanto às macroformas, segundo Santana (2014), o Estado da Bahia apresenta nove feições geomorfológicas diferentes: A Bacia Sedimentar do Recôncavo; a Chapada Diamantina; o Chapadão do São Francisco; as Depressões Periféricas e Interplanálticas; a Planície Costeira; Planalto Pré-Litorâneo; o Planalto Sul baiano; a Acumulação Sedimentar e a Serra Geral do Espinhaço. Segundo esta classificação, a região de Salvador e, conseqüentemente, a região de estudo, está situada na Planície Costeira. A Figura 30 apresenta as macroformas do Estado da Bahia e a localização da área de estudo em relação às mesmas.

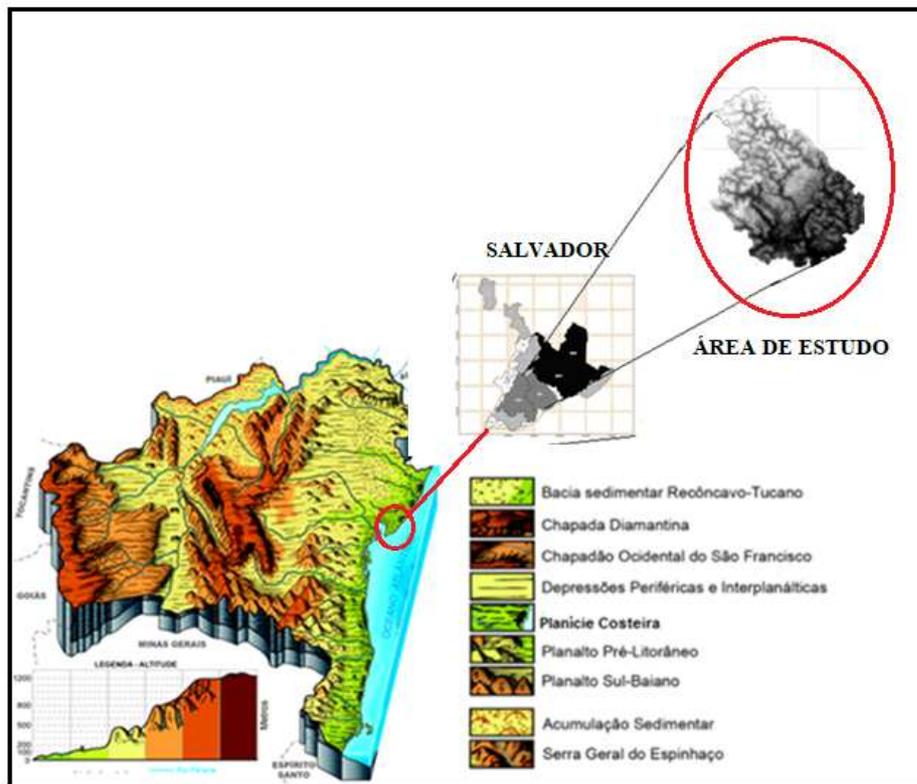


Figura 30. Macroformas encontradas no Estado da Bahia. Em destaque, o município de Salvador e a localização da área de estudo

Fonte: FIORI, 2017

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Quanto à região de Salvador, Peixoto (1968) informa que a mesma foi dividida em cinco compartimentos geomorfológicos principais. I. A Escarpa da falha de Salvador; II. O Planalto profundamente dissecado que corresponde ao Horst; III. A Zona intermediária de morros entre o Planalto e a Planície litorânea oceânica IV. O sistema de vales onde se instalaram as avenidas que integram o Sistema Viário da cidade; V. A Planície litorânea ou Margem costeira atlântica nos seus dois aspectos: Orla da Baía de Todos os Santos e a Orla Oceânica.

A área da pesquisa está concentrada na parte denominada Alto de Salvador, que, de acordo com Silva Filho (2008), é dominado por terrenos cristalinos, com declividade fraca para a direção do litoral atlântico (Sudeste). Ainda de acordo com Peixoto (1968), a evolução geomorfológica da região de Salvador pode ser reconstituída a partir do Terciário, ocasião que houve a sedimentação detrítica continental: a Formação Barreiras. O período mais importante para a formação e evolução do modelado atual foi o Quaternário, devido às oscilações climáticas e glácio-eustáticas.

De acordo com Almeida (1978) e Gonçalves (1992) *apud* Santana (2014), em relação à compartimentação morfológica, que é resultado dos condicionantes geológicos e climáticos, foi possível relacionar as seguintes formas compondo a área de estudo:

- O Planalto (Tabuleiros), essencialmente constituído de rochas do embasamento cristalino normalmente alterado, com altitudes em média de 60 m, retalhado em espigões por uma densa rede de drenagem, composta de vales estreitos e profundos;
- A zona intermediária de morros (Colinas) entre o Planalto e a Planície Litorânea Oceânica, com níveis altimétricos decrescentes de 60 a 30 metros. São formados por rochas predominantemente granulíticas, bastante alteradas constituindo extensão restrita do domínio dos mares de morro;
- A planície litorânea da orla oceânica, que está relacionada a processos de sedimentação recente, flúvio-marinhos e eólicos, fruto de uma combinação das oscilações climáticas e variação do nível do mar; e constituída de sedimentos arenosos que se espessam mais para o interior, junto às colinas.

Com relação aos processos de inundação, a compartimentação do relevo em zonas relativamente bem marcadas cria condições diferenciadas para que outros fatores naturais atuem de forma favorável ou não às inundações. Deste modo, considerando apenas o tipo de relevo, o planalto seria aquele menos favorável e a planície litorânea seria o local mais

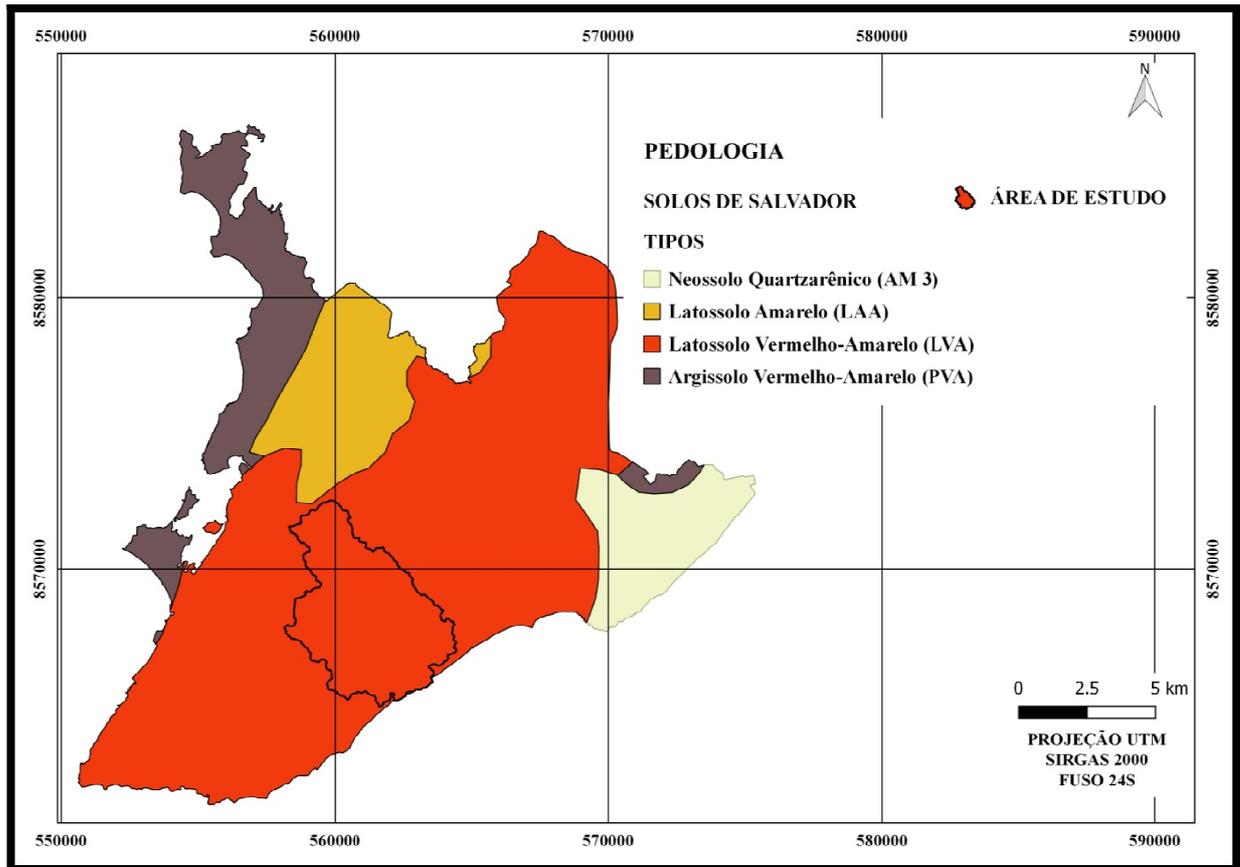
suscetível aos processos de formação das inundações. Pode-se então, dividir a área de estudo quase ao meio, em que a parte alta é caracterizada pelos terrenos mais ondulados e maiores altitudes, favorecendo o escoamento superficial e a metade baixa, é a região mais plana, que recebe as águas de montante e possui maior propensão ao acúmulo, favorecendo os processos de inundação. Os mapas de declividade e hipsometria elaborados no Capítulo 4 apresentam esta situação de modo mais detalhado.

3.1.3 Pedologia

Este título diz respeito à importância e influência dos solos nos processos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A pedologia trata do estudo dos processos de formação e evolução dos solos. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação, pode-se definir Solos da seguinte forma:

Solo é uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e podem ser vegetados na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas. Quando examinados a partir da superfície consistem de seções aproximadamente paralelas, organizadas em camadas e, ou, horizontes que se distinguem do material de origem inicial, como resultado de adições, perdas, translocações e transformações de energia e matéria, que ocorrem ao longo do tempo e sob a influência dos fatores clima, organismos e relevo. As alterações pedológicas de que são dotados os horizontes do solo revelam contraste com o substrato rochoso ou seu resíduo pouco alterado ou ainda sedimentos de natureza diversa, expressando diferenciação pedológica em relação aos materiais pré-existentes em função de processos pedogenéticos. As camadas são pouco ou nada afetadas pelos processos pedológicos. O solo tem como limite superior a atmosfera. Os limites laterais são os contatos com corpos d'água superficiais, rochas, gelo, áreas com coberturas de materiais detríticos inconsolidados, aterros ou com terrenos sob espelhos d'água permanentes. O limite inferior do solo é difícil de ser definido (BRASIL, 2006. p 24).

O Sistema Brasileiro de Classificação define com precisão os solos, diferenciando-os de outros materiais que afloram na superfície terrestre. A definição e distinção se tornam importantes porque cada tipo de solo interfere de modo diferentes nos processos de formação das inundações. O Mapa 3 representa a distribuição dos solos encontrados na cidade de Salvador. Cabe ressaltar que as ilhas que fazem parte do município não estão representadas.



Mapa 3: Solos do município de Salvador-BA sem as ilhas que também fazem parte do município
 Fonte: BAHIA, 2008.
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

Observa-se que nesta escala, em grande parte da cidade de Salvador e, especialmente na área de estudo, só ocorre um tipo de solo: latossolo vermelho-amarelo distrófico, rotulado de LVA. O atributo/diagnóstico Distrófico diz respeito à capacidade de troca da argila existente nos horizontes do solo. Refere-se à proporção (taxa percentual, $V\% = 100 \times S/T$) de cátions básicos trocáveis em relação à capacidade de troca determinada a pH 7. A expressão Distrófico se aplica a solos com baixa saturação (valores inferiores a 50%) (BRASIL, 2008).

Em relação ao estudo de susceptibilidade à inundação, os solos adquirem uma grande relevância, porque suas condições de origem, formação e evolução são fundamentais para determinar maior ou menor favorecimento a infiltração e o escoamento superficial. Cabe ressaltar, no entanto, que na bacia hidrográfica, devido ao grau de impermeabilização e à taxa elevada de setores urbanizados da bacia, os solos estão em posição secundária em relação à sua importância nos processos de formação ou atenuação de eventos hídricos.

Os solos de Salvador, foram caracterizados com base no trabalho de Ribeiro (1991), *apud* SANTANA, (2014), onde foram analisados alguns dos aspectos pedológicos e sua

relação com as formas de relevo observadas na bacia. Cabe destaque que seria necessário um estudo de detalhe para cartografar todos os tipos de solo formados nas diversas condições de relevo encontradas na área de estudo, o que foge ao escopo deste trabalho; no entanto, os principais tipos de solo estão relacionados com as alterações dos sedimentos da Formação Barreiras, alteração “in situ” das rochas metamórficas e os solos resultantes das formações arenosas (dunas), além dos hidromórficos, situados em alagadiços, brejos e áreas encharcadas ao longo da bacia. Segundo Ribeiro (1991) dos vários perfis estudados, a nível exploratório, distingue-se apenas a seguinte classe de solos relacionados com os sedimentos da Formação Barreiras e com as rochas metamórficas mais ácidas (alto teor em SiO_2) na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu:

- Latossolo Vermelho-Amarelo - LVA – Formados em relevo ondulado a suave ondulado. Esses solos estão geralmente relacionados ou associados aos podzólicos vermelho-amarelo que estão em posição de relevo mais baixo, sendo comum os intergrades. Estão associados às rochas do complexo granulítico ácido e alguns intermediários, tendo uma contribuição do produto da alteração dos sedimentos do Grupo Barreiras.

Para esta pesquisa, os solos expostos na área de estudo não foram identificados e classificados, foram considerados como uma unidade homogênea e compactada, com menor capacidade de infiltração das águas pluviais, comparados à vegetação em estágio inicial de regeneração, influenciando positivamente os processos de escoamento superficial e de inundação.

3.1.4 Vegetação

Para o planejamento ambiental, a vegetação é um dos elementos mais importantes porque pode definir o estado de degradação ambiental de um território. Segundo Santos (2004):

A vegetação é muito sensível às condições e tendências da paisagem, reagindo distinta e rapidamente às variações. Seu estudo permite conhecer, por um lado, as condições do território e, por outro, as influências antrópicas recebidas, podendo-se inferir, globalmente, a qualidade do meio. (SANTOS, 2004. p.90)

A vegetação exerce muitas funções no planeta, as de caráter ambiental influencia nas condições climáticas, na ciclagem da água e de elementos importantes à vida como o Carbono e o Nitrogênio; na parte socioeconômica, fornece alimentos e matéria-prima para a sobrevivência humana. A vegetação, com relação ao seu papel no ciclo hidrológico, em primeiro momento, tem a função de interceptar a água da chuva, ou seja, exercer o papel de agente frenador da gota d'água, dissipando a energia do material em deslocamento e diminuindo o impacto da mesma sobre o solo, assim como, favorecer o equilíbrio e à dinâmica climática de um determinado local. A vegetação assume também um importante papel na estabilização das vertentes, pois contribui para a intensificação do componente perpendicular (infiltração) e consequente pedogenização (processo de formação de solos), ao mesmo tempo em que, atenua a ação do componente paralelo (escoamento), restringindo a participação da morfogênese (CASSETI, 1995 *apud* SANTANA, 2014 p. 56). Quanto ao seu papel como atenuador de inundações, a vegetação fornece elementos para a formação da matéria orgânica e cria condições para a sua incorporação no solo, o que melhora a textura, aumentando a aeração do solo e eleva a capacidade de infiltração das águas, evitando o escoamento superficial imediato; além disso, as matas ciliares evitam o assoreamento das águas, por meio da preservação dos barrancos na beira dos rios; também, as árvores atenuam a temperatura do solo e das águas pelo sombreamento e aumenta e protege a qualidade das águas em áreas de nascentes e etc.

A vegetação é um dos elementos que caracterizam os biomas no planeta. Segundo a Legislação federal, o Estado da Bahia abriga três grandes biomas: Cerrado, Caatinga e a Mata Atlântica. A cidade de Salvador e, conseqüentemente, a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu estão inseridos no Bioma Mata Atlântica, no Domínio da Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2008 *apud* Bahia, 2013). Esse Bioma se estendia do litoral do Rio Grande do Norte até o de Santa Catarina. Hoje, se encontra de forma fragmentada e possui apenas aproximadamente 7% da sua área original. Ele é considerado um *hotspot*, significando que é um ambiente extremamente ameaçado. De acordo com Bensusan *et al.* (2006) *apud* Bahia (2013):

Os impactos negativos no bioma Mata Atlântica, amplamente conhecidos, desde os diferentes ciclos econômicos de exploração, à expansão agropecuária, à ampliação dos centros industriais até as intensas concentração e urbanização das cidades causaram a redução drástica de sua vegetação natural e a confinaram em remanescentes florestais, em sua maioria, com áreas inferiores a 100 hectares (BENSUSAN *et al.*, 2006 *apud* BAHIA, 2013 p. 53).

A vegetação da região de Salvador se encontra hoje representada por um mosaico de remanescentes vegetais alterados por processos de origem antrópica, que variam de frações de um hectare na área continental até 900 hectares em área insular (BAHIA, 2013). A caracterização da vegetação é um passo fundamental para entender o funcionamento do ambiente na formação e dinâmica das inundações. Então, esta pesquisa se baseou, quanto à caracterização da própria, no trabalho efetuado pelo Ministério Público da Bahia - MPBA, por meio do Núcleo de Meio Ambiente, em 2013, que teve como objetivo analisar e identificar os estágios de regeneração da vegetação dos remanescentes do município de Salvador. Segundo Bahia (2013):

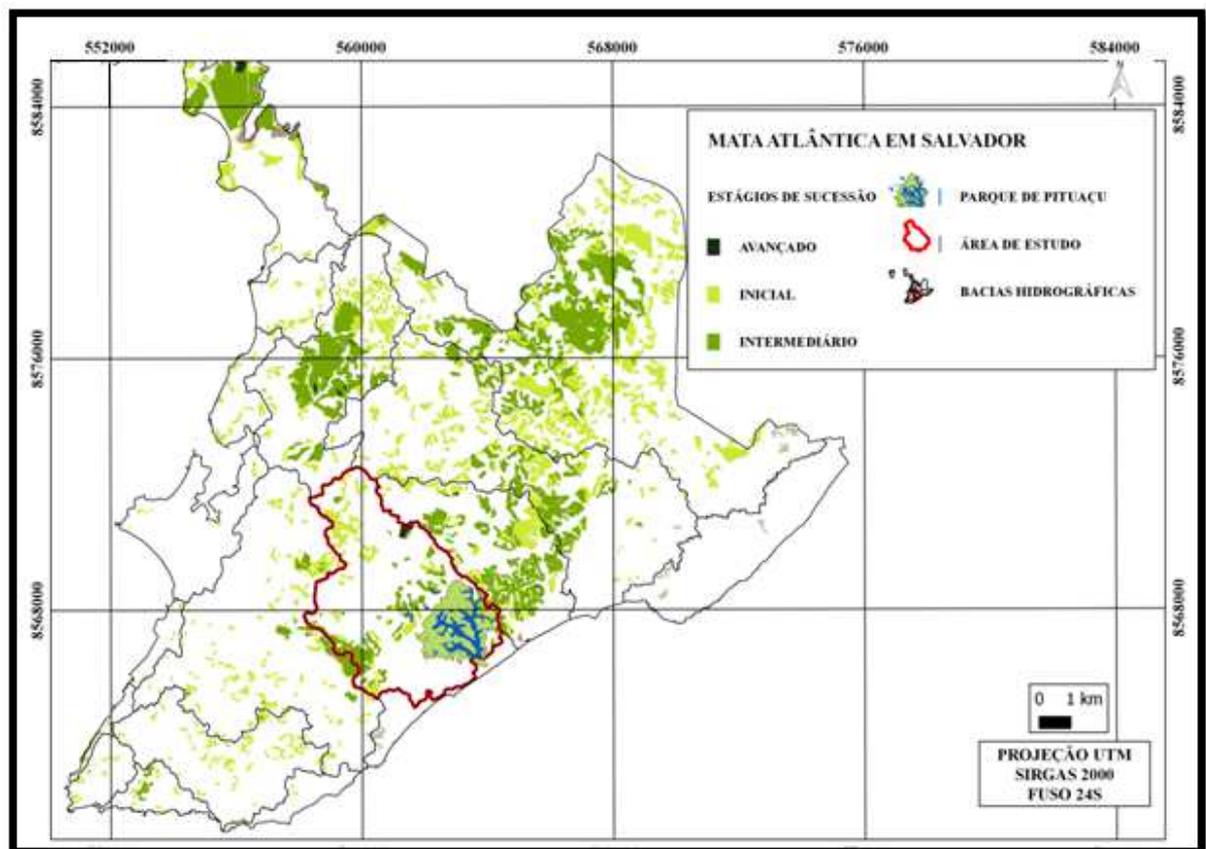
Não foram inclusos no presente trabalho os remanescentes que compõem as Unidades de Conservação de Proteção Integral existentes em Salvador, a exemplo do Parque Metropolitano de Pituvaçu, Parque Joventino Silva e do Parque São Bartolomeu, uma vez que unidades de conservação dessa natureza já possuem proteção especial, o que em tese já é suficiente para assegurar a proteção e conservação de sua biodiversidade. Assim, este *Diagnóstico* se concentrou nos remanescentes onde não há disciplinamento especial, adicional à Lei Federal nº 11.428/2006 e ao Decreto nº 6.660/2008, para o seu uso, especificamente as áreas privadas. (BAHIA, 2013. PP 55, 56).

Deste modo, na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituvaçu, o Parque de Pituvaçu não foi inserido na análise do Projeto Mata Atlântica e, para esta pesquisa, será tratado como uma unidade homogênea, não se distinguindo os remanescentes florestais localizados em seu interior. Por simplificação metodológica, esta pesquisa considerará esta unidade como se estivesse totalmente em estágio Avançado de sucessão, embora se saiba que há fragmentos em estágios iniciais e intermediários no seu interior.

Para a definição dos critérios de regeneração da vegetação, o Projeto Mata Atlântica utilizou-se da Resolução CONAMA nº 05, de 04/05/1994. O Art. 2º. Afirma que a vegetação secundária ou em regeneração é aquela resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes da vegetação primária. E o Art. 3º estabelece que os estágios em regeneração da vegetação secundária a que se refere o artigo 6º do Decreto 750/93, passam a ser assim definidos, dentre outros, para o estágio inicial: Fisionomia herbácea/arbustiva de porte baixo; altura média inferior a 5 metros para as florestas ombrófila densa e estacional semidecidual e altura média inferior a 3 metros para as demais formações florestais, com cobertura vegetal variando de fechada a aberta; para o estágio intermediário: Fisionomia arbórea e/ou arbustiva predominando sobre a herbácea, podendo constituir

estratos diferenciados; a altura média é de 5 a 12 metros para as florestas ombrófila densa e estacional semidecidual e de 3 a 5 metros para as demais formações florestais; e para o estágio avançado: Fisionomia arbórea dominante sobre as demais, formando um dossel fechado e relativamente uniforme no porte, podendo apresentar árvores emergentes; a altura média é superior a 12 metros para as florestas ombrófila densa e estacional semidecidual e superior a 5 metros para as demais formações florestais.

O Projeto Mata Atlântica, para a identificação das espécies, realizou o levantamento florístico por meio do método do caminhamento e, para a análise da estrutura fitossociológica da vegetação, foi empregado o método das parcelas. O Mapa 4 apresenta os fragmentos de Mata Atlântica na cidade de Salvador e na área de estudo, de acordo com o estágio de sucessão florestal (BAHIA, 2013). Cabe ressaltar que as ilhas que fazem parte do município de Salvador não foram representadas neste mapa.

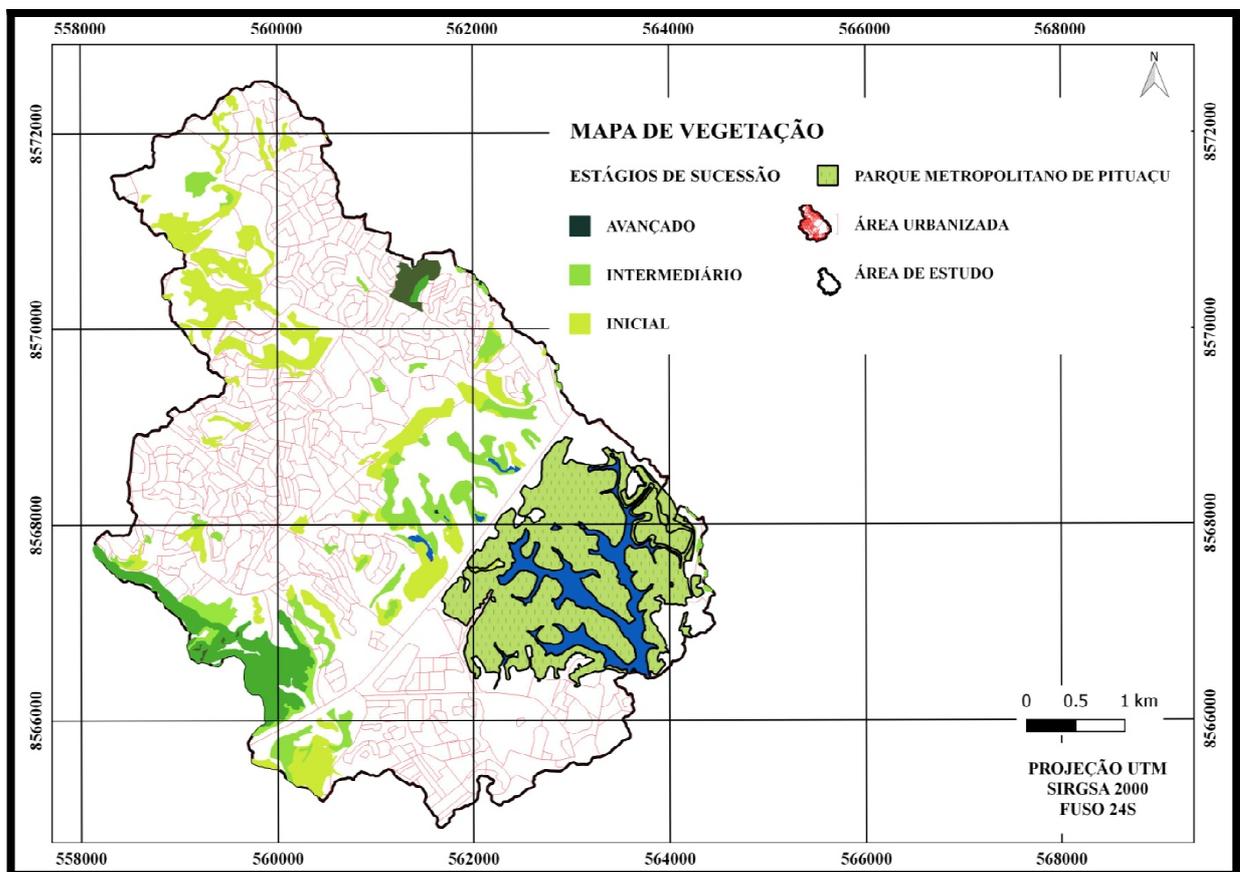


Mapa 4. Fragmentos de Mata Atlântica na Cidade de Salvador-BA categorizados de acordo com seus estágios de sucessão.

Fonte: BAHIA, 2013

Adaptação: SILVA, C.R.P.

Deste modo, inseridos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu se encontram diversos fragmentos da mata atlântica nos três estágios de regeneração; apresenta também a Unidade de Conservação de Proteção Integral, Parque de Pituaçu; e a Unidade de Conservação, Jardim Botânico de Salvador criado pelo Decreto 13.546 de 22/03/2002, localizada no bairro de São Marcos, com 0,02 km² em estágios avançado e intermediário de regeneração e a Mata do Cascão. O Mapa 5 apresenta a situação da vegetação na bacia com relação aos estágios de sucessão e os equipamentos públicos existentes: Parque de Pituaçu e o Jardim Botânico Também se encontra a mata do Rio Cascão na parte sudoeste da bacia.



Mapa 5. Vegetação e seus estágios de sucessão, o Parque de Pituaçu, corpos hídricos e área urbanizada na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, Salvador-BA.

Fonte dos dados: BAHIA, 2013.

Elaboração: SILVA, C.R.P

Como pode ser observado, há pouquíssimos fragmentos de Mata Atlântica em estágio avançado de regeneração na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A vegetação como um todo ocupa apenas uma área de 22% do total da bacia, correspondendo a 6,04 km². Ainda assim, ela está muito concentrada. Metade da vegetação está contida no Parque de Pituaçu, que possui 3,4 km² de vegetação, praticamente toda a área considerada nesta pesquisa como

em estágio avançado de regeneração da bacia. De acordo com Sousa e Mota (2006), o Parque de Pituvaçu foi criado por meio do Decreto Estadual nº 23.666 de 04 de setembro de 1973, apresenta uma expressiva área verde destinada ao uso público da cidade de Salvador. O segundo foco de concentração da vegetação é a Mata do Cascão, com área de 0,8 km², que abriga as nascentes do Rio Cascão. Ela fica situada nos fundos do quartel do 19º Batalhão de Caçadores, uma unidade do Exército Brasileiro. Ele foi fundado em 16 de janeiro de 1920 e é subordinado a 6ª Região Militar. A mata do Cascão é formada pelas áreas de preservação permanente de novos e antigos loteamentos implantados em torno do vale do Rio Cascão; ela está predominantemente em estágio de sucessão intermediária, mas há pontos no seu interior em estágio avançado. Outra região que concentra vegetação é no CAB, com área de 0,6 km², ocupando as vertentes e fundo de vale, na região central da bacia em estágio inicial e intermediário de recuperação. O terceiro fragmento de vegetação com continuidade e vegetação mais densa é a importante Mata do Jardim Botânico. Por fim, na parte alta da bacia, na região de nascentes, encontram-se fragmentos de mata, na sua maioria, em estágio inicial de recuperação em torno de nascentes e de áreas encharcadas. Os fragmentos de vegetação em estágio intermediário e inicial de regeneração perfazem 3,1 km², totalizando 10% da área total. Coincidentemente, cada estágio inicial e intermediário contribui com 1,55 km² e com 5% da área total da bacia.

Deste modo, apesar da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituvaçu apresentar áreas com vegetação ainda em considerável estágio de preservação e também com remanescentes de vegetação em diversos estágios disseminados pela área, essa concentração da vegetação em estágio avançado de sucessão em torno do Parque de Pituvaçu e do Jardim Botânico, diminui o seu efeito benéfico na atenuação dos efeitos das inundações. Assim, de acordo com o que foi visto, percebe-se que a vegetação é um fator importantíssimo no processo de mitigação dos fenômenos das enchentes, portanto, a sua ausência, concorre para o aumento e a aceleração dos processos formadores deste fenômeno hidrológico. Deste modo, a urbanização, promovendo intenso desmatamento, concorreu de modo muito forte para o processo de formação das inundações na área de estudo.

3.1.5 Análise Morfométrica

De acordo com Teodoro *et al.* (2007), a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais. Ela é o conjunto de procedimentos que objetiva extrair índices

das variáveis geométricas, do relevo e da rede de drenagem da bacia: área, perímetro, comprimento e número de canais de drenagem, amplitude altimétrica e etc. e com base na análise destes índices, torna-se possível inferir a vocação da bacia hidrográfica quanto à sua propensão ou tendência em gerar inundações.

Segundo Christofolletti (1981), os trabalhos elaborados por Robert E. Horton serviram de base para inúmeras pesquisas relacionadas ao estabelecimento de leis sobre a dinâmica fluvial e de suas bacias de drenagem, em uma abordagem de caráter quantitativo. Deste modo, Machado (2011) fez uso dos parâmetros morfométricos como elementos de suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental; Teodoro *et al.* (2007) usaram os índices morfométricos para caracterizar uma microbacia hidrográfica; Nery (2016) utilizou os parâmetros morfométricos para avaliação do potencial de movimentos de massa (corrida de detritos) em uma bacia hidrográfica em São Paulo; Almeida *et al.* (2017) usaram os indicadores morfométricos para subsidiar a gestão e planejamento dos recursos hídricos; Tonello (2005) usou-a para avaliar a questão hidroambiental da bacia do rio Cachoeira da Pombas em Minas Gerais; Marucci Veiga, Aldrei *et al.* (2013) procuraram caracterizar morfologicamente a bacia hidrográfica do rio Meia Ponte, no Estado de Goiás, para entender a distribuição e formação física, afim de compreender se é uma bacia propensa a inundações e disponibilizar dados físico-geográficos que fomentem o uso e ocupação do solo sustentavelmente.

Já foi destacado, neste trabalho, que a bacia hidrográfica é a unidade básica para a gestão das águas, definida em lei federal no território brasileiro. Assim, é de grande importância para gestores e pesquisadores a compreensão do conceito de bacia hidrográfica e de suas subdivisões. O conceito de bacias hidrográficas já foi abordado nesta pesquisa, mas, com relação às subdivisões: subacia e microbacias hidrográficas cabe uma discussão. Esta diferenciação não é uma questão de semântica ou simplesmente de escala, mas sim de comportamento hidrológico. Considerando as divisões hidrográficas do país e do estado, o tamanho da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu enquadraria como uma microbacia. Segundo Faustino (1996) *apud* Teodoro (2007), uma microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso principal de uma subacia, várias microbacias formam uma subacia, sendo a área de uma microbacia inferior a 100 km². Segundo este mesmo autor, uma subacia teria área entre 100 e 700 km². A bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu corresponderia a essa definição de microbacia quanto a sua área (27,4 km²), no entanto, ela drena suas águas para o oceano, portanto, é uma bacia hidrográfica, porém de dimensões muito pequenas. “Do ponto de vista da hidrologia, a classificação de bacias hidrográficas em subacia ou microbacia não é vista somente com relação à área total, mas sim, considerando os

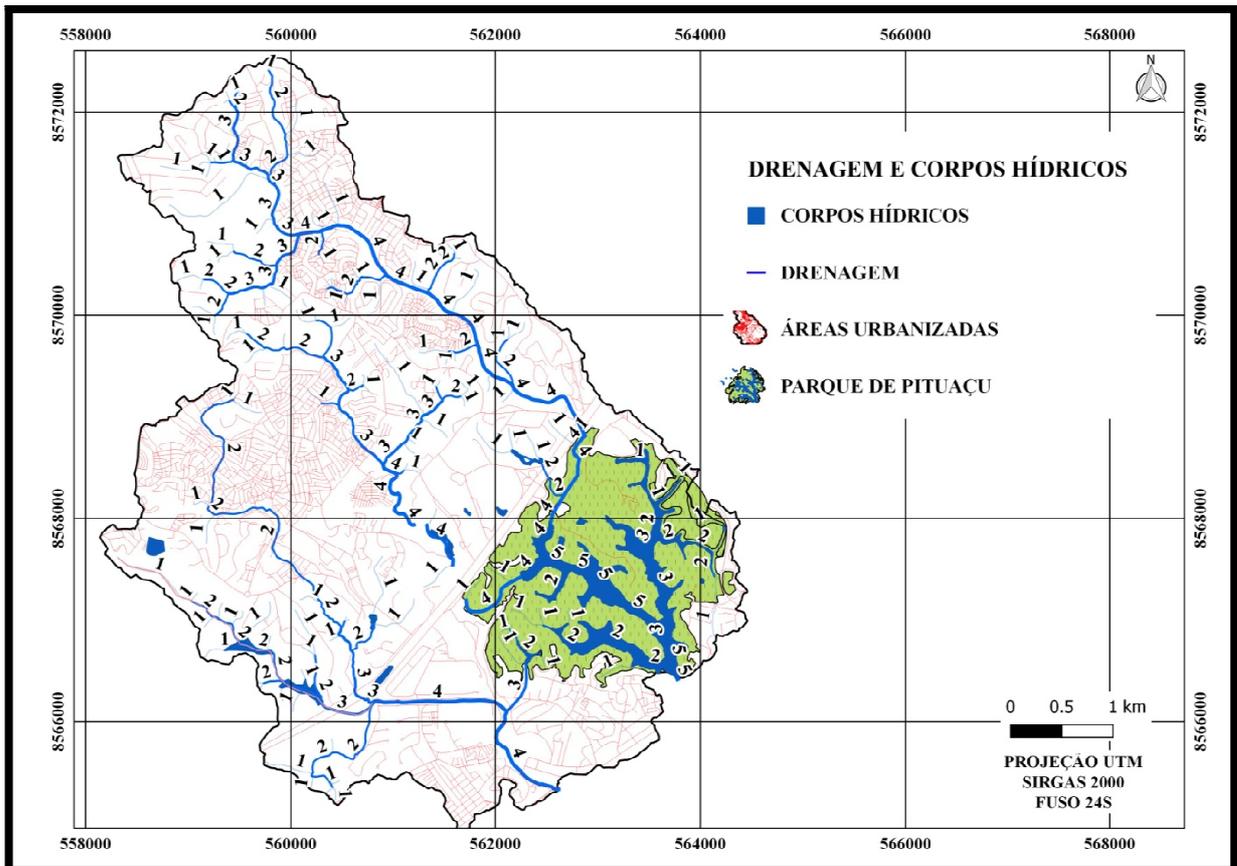
efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio” (TEODORO *et al.*, 2007). A bacia do Rio das Pedras/Pituaçu, deste modo, se torna comparável a uma microbacia, pois, esta característica a torna mais sensível a mudanças no seu ciclo hidrológico, especialmente quando ocorrerem chuvas de grande intensidade e duração. Portanto, alterações na cobertura da vegetação, na impermeabilização do solo, alterações na rede de drenagem (retificações, aterros, obstruções etc.) podem ser os fatores mais importantes para magnificar eventos hidrológicos, afetando a população e causando muitos prejuízos. Segundo Ryff (1995) *apud* Sabanés (2002) *apud* Teodoro *et al.* (2007):

A microbacia hidrográfica oferece, portanto, a vantagem de um gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo de seus aspectos econômicos, sociais e ambientais, através da possibilidade de realizar um planejamento e administração integrada dos recursos naturais, solo e água, ampliando assim, notavelmente, a sinergia e a potencialidade dos processos operados, além de oferecer condições geográficas e sociais favoráveis à organização comunitária (RYFF, 1995 *apud* SABANÉS, 2002 *apud* TEODORO *et. al* 2007).

Deste modo, o autor enfatiza as vantagens do gerenciamento integrado, em uma microbacia hidrográfica, de todos os aspectos sociais, econômicos e ambientais.

Para a caracterização morfométrica da área de estudo foi utilizado o *shape*⁴ da bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu. O Mapa 6 exhibe a distribuição espacial dos canais e sua ordem de hierarquia e apresenta os principais corpos hídricos da bacia, além do Parque de Pituaçu e a área urbanizada.

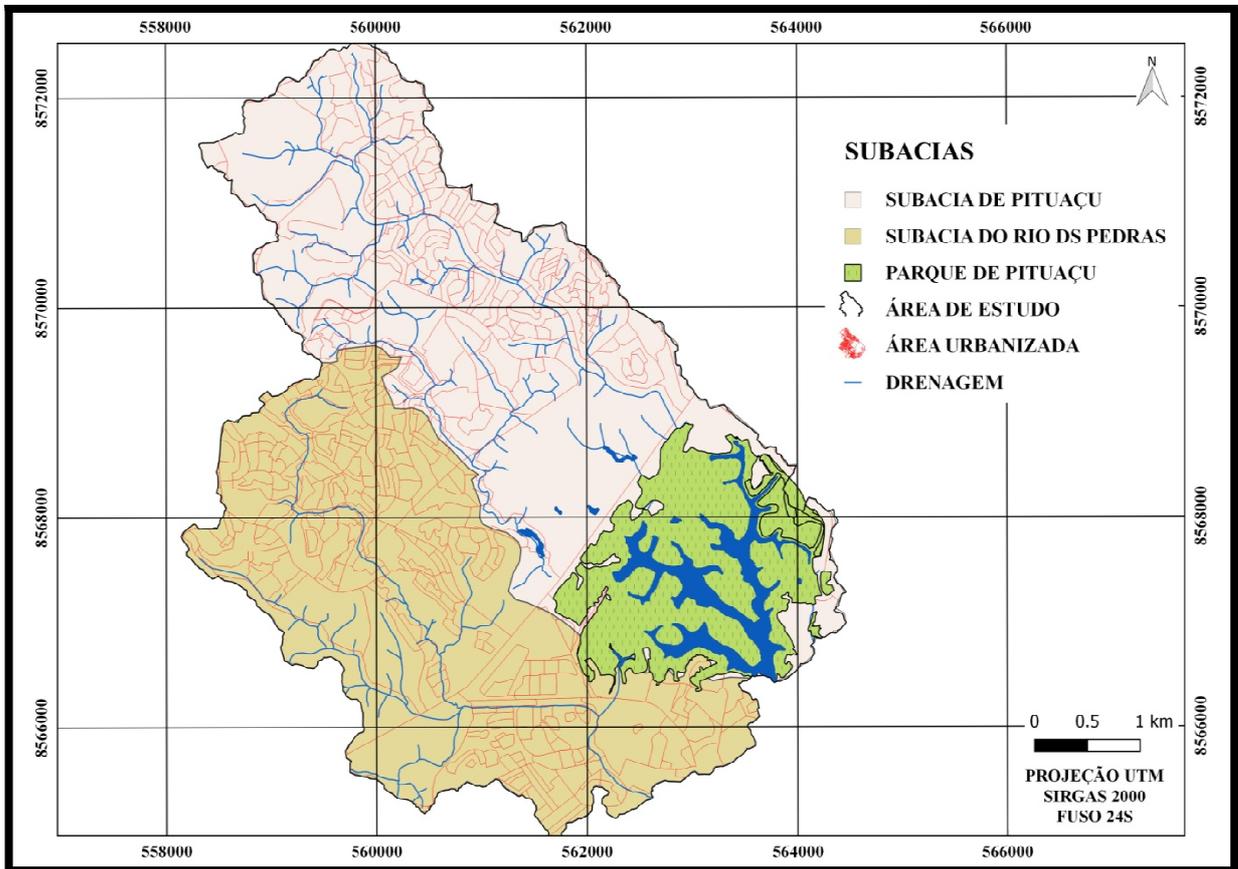
⁴ *shape*: é um formato de arquivo contendo dados geoespaciais, em forma de vetor, associados a uma tabela de atributos usados por Sistemas de Informações Geográficas também conhecidos como SIG.



Mapa 6. Rede de drenagem hierarquizada segundo Strahler na área de estudo
 Fonte dos dados: BAHIA, 1992.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

Cabe ressaltar que, para efeitos de gestão e planejamento, é aceitável a análise conjunta de duas bacias hidrográficas, considerando-as como uma unidade única, exatamente como as dos rios das Pedras e de Pituaçu, por conta do tamanho delas, dos processos de urbanização semelhantes, por estarem em um mesmo contexto fisioclimático e etc., mas, para a avaliação da morfometria, é mais prudente fazer a distinção entre elas. O Mapa 7 apresenta a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu e suas duas subbacias em que se vê claramente que as bacias possuem diferenças na rede de drenagem e na área ocupada pelos corpos hídricos (lago e outras formas de acumulação superficial). Com relação à rede de drenagem, cabe ressaltar que foram feitos ajustes (comparação com a drenagem da Carta Topográfica de Salvador escala 1:50.000; hidrografia utilizada pela CPRM para elaborar a Carta de Inundações de Salvador em 2013; checagem com imagens do Google Earth) com o intuito de aumentar a confiabilidade desta base de dados. Sabe-se que o processo de urbanização altera a drenagem de várias formas: aterrando canais, cobrindo-os, retinizando, modificando traçados, barramentos e etc. Todas essas ações contribuem para modificar a rede hídrica.

Assim, para esta pesquisa, foi considerada a base da CONDER para a caracterização da drenagem, mas, para estudos futuros e de maior detalhe, torna-se necessária a atualização, com, inclusive, checagens em campo, para que se possa utilizar uma base mais confiável e mais próxima da realidade.



Mapa 7. Subacias e suas respectivas hidrografias o Parque de Pituauçu e a área urbanizada na área de estudo
 Fonte dos dados: BAHIA, 1992.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

Com relação à subacia do rio das Pedras é necessário fazer uma observação. A análise da Figura 31, que apresenta o seccionamento da drenagem no limite entre os rios das Pedras e Saboeiro, vai trazer mais esclarecimentos. Pode-se ver nesta figura que o trecho da drenagem denominada de rio das Pedras termina na área em que se inicia o trecho denominado rio Saboeiro. Deste modo, este seria o ponto em que se findaria a bacia do Rio das Pedras e iniciaria a subacia do rio Saboeiro. No entanto, para a análise morfométrica, não há sentido em seccionar a drenagem e, conseqüentemente, dividir a área em duas novas subacias. Assim, para os fins da morfometria, o comprimento total do rio das Pedras será considerado do trecho que nasce o rio Saboeiro até a foz do rio das Pedras porque este trecho é o de maior comprimento dentre os possíveis na subacia do rio das Pedras. Deste modo, a área desta

subacia será considerada toda essa região destacada no Mapa 7. Só assim, foi possível efetuar a morfometria e comparar os resultados com a subacia do Rio Pituçu.

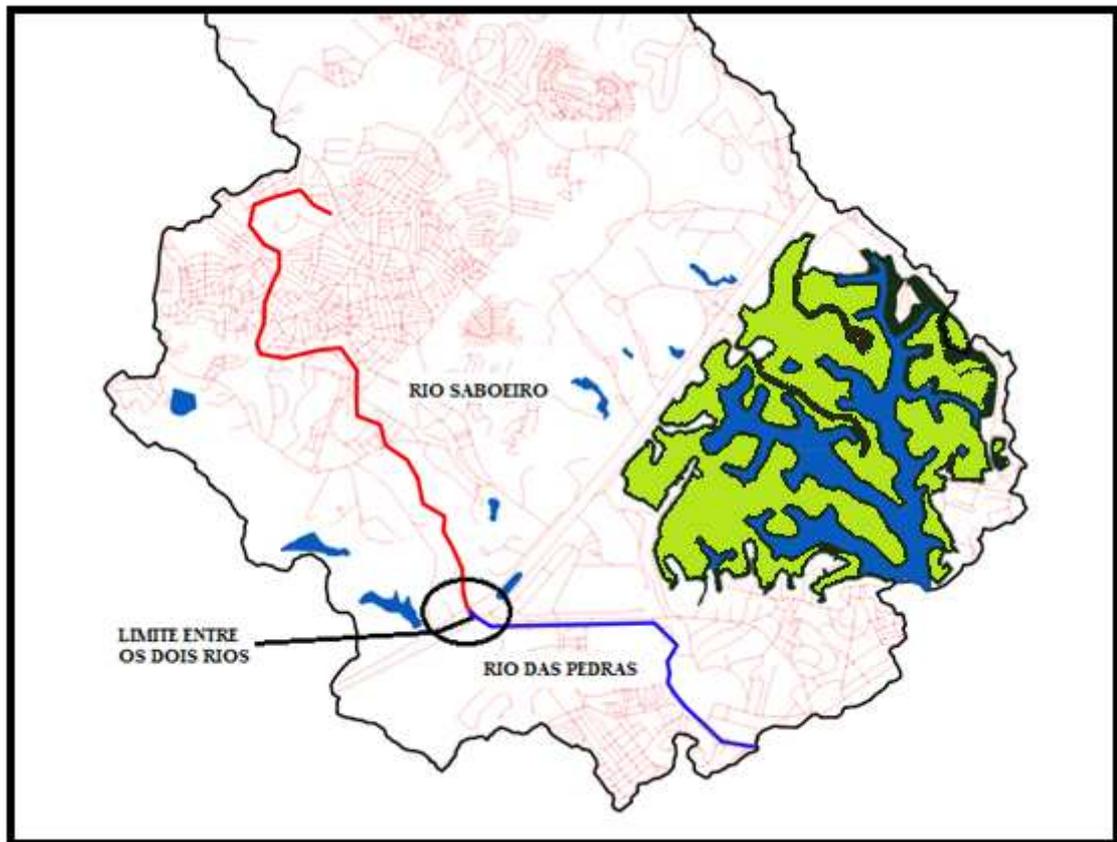
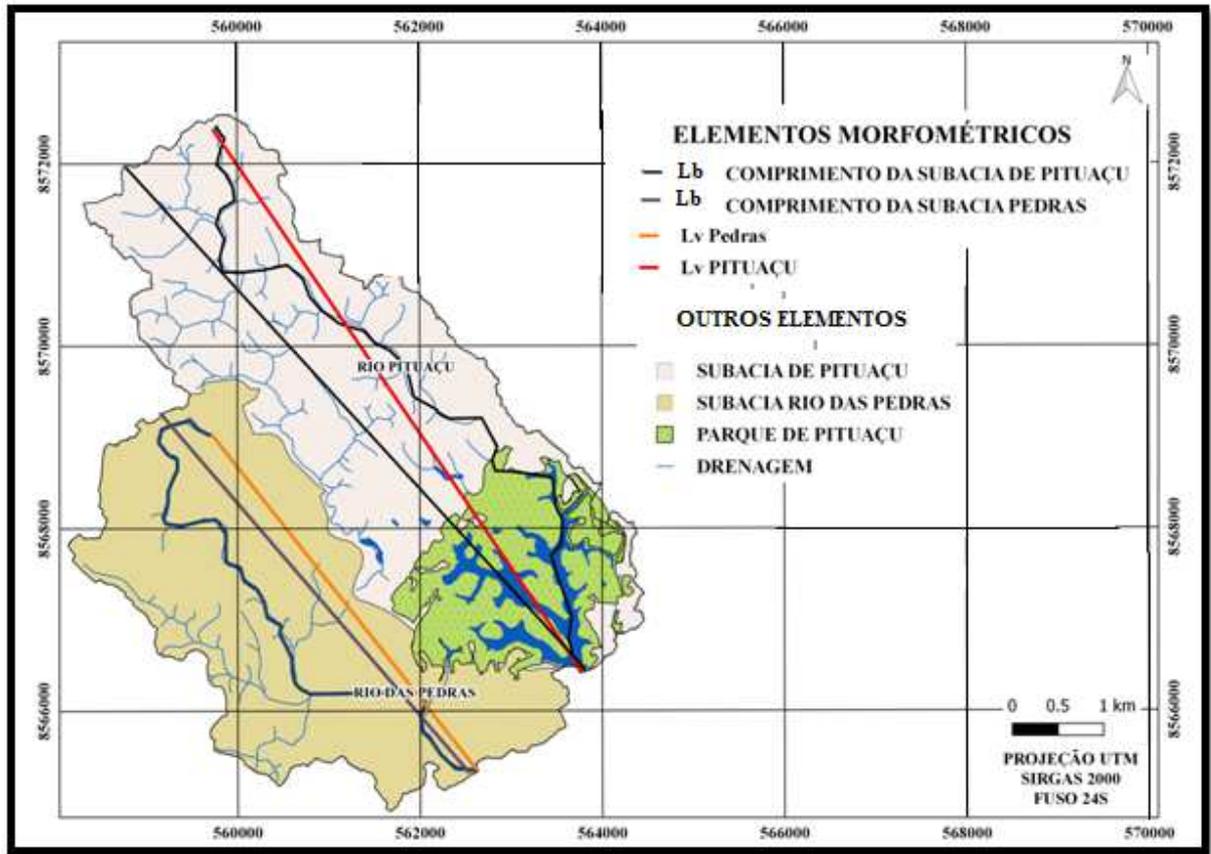


Figura 31. Secção da drenagem no limite entre os rios das Pedras e Saboeiro na área de estudo.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

O Mapa 8 apresenta os percursos e comprimentos dos canais principais das subacias, os traçados retilíneos destes cursos d'água e o comprimento das subacias. A seguir, a descrição das variáveis utilizadas para a análise morfométrica da área de estudo.



Mapa 8. Subacias com as variáveis morfométricas da drenagem na área de estudo
 Fonte dos dados: BAHIA, 1992.
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

A Tabela 4 apresenta as variáveis e os índices morfométricos extraídos para as duas subacias que compõe a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituáçu.

Tabela 4. Variáveis e índices geométricas, de relevo e de drenagem extraídos das subacias

VARIÁVEIS E ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	SUBACIAS	
	PITUAÇU	PEDRAS
A = Área (km²)	15,9	11,5
P = Perímetro (km)	23,6	20,7
Lp = Comprimento Longitudinal do canal principal (km)	7,54	5,37
Lb = Comprimento Longitudinal da bacia (km)	9,2	7,2
ΔH = Amplitude Altimétrica (m)	94	80
Lm = Largura Média (km)	2,1	1,6
Lv = Comprimento retilíneo do canal principal (km)	7,25	4,75
Quantidade de Canais (N)	125	45
Comprimento dos Canais L_N (km)	45,2	21,5
Fator de Forma (K_f)	0,35	0,53
Índice de Compacidade (K_c)	1,66	1,71
Índice de Sinuosidade (I_{sin})	1,04	1,13
Índice de Circularidade (I_c)	0,36	0,34
Densidade de Drenagem (D_d) (km/km²)	2,76	1,87
Densidade de Canais (D_r) (canais/km²)	7,9	3,9
Relação de Relevo (R_r) (m/km)	12,5	14,9

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Variáveis Relacionadas à Forma.

A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante porque se relaciona com o tempo de concentração, definido como o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua em determinada seção de controle, ou em outras palavras, é o tempo que a água gasta para escoar dos limites da bacia até chegar ao exutório. Existem vários índices utilizados para determinar a forma das bacias, procurando relacioná-las com formas geométricas conhecida. A seguir, a discussão sobre as variáveis morfométricas relacionadas à forma da bacia, utilizadas neste estudo e obtidas por cálculos de fórmulas empíricas.

Índice de Compacidade ou Índice de Gravelius (**K_c**) que relaciona a forma da bacia com a de um círculo; Quanto mais próximo de 1 (um) mais circular será a bacia e mais propensa a gerar inundações.

Índice de circularidade (**I_c**) O índice de circularidade foi proposto por Müller em 1953 (Bitar, 2014), relaciona a área da subacia com a área de um círculo de mesmo perímetro.

Quanto mais circular, maior a retenção de água na Bacia, aumentando a suscetibilidade às inundações e reduzindo os efeitos a jusante.

Fator de Forma (K_f) é a razão entre a largura média (L_m) e o comprimento axial da bacia (L_b). A largura média é obtida dividindo a área (A) pela comprimento (L_b), daí, $K_f = A/L_b^2$. Este índice associa a forma da bacia com a de um retângulo; quanto maior o valor de K_f , mais elevada é a possibilidade de ocorrer picos de enchentes na bacia (GARCEZ e ALVAREZ, 1998 *apud* SEHNEM et al, 2015). Valores baixos do fator de forma indicam bacias estreitas e alongadas, o que dificulta a predisposição em gerar inundações devido a menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão.

Variáveis Relacionadas à Rede de Drenagem:

Segundo Rodrigues *et al.* (2008), as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo refletem algumas propriedades do terreno, como infiltração e deflúvio das águas das chuvas, e expressam estreita correlação com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície terrestre. De acordo com Machado *et al.*, (2011) as redes de drenagens fluviais sempre tiveram um papel central nos estudos hidrológicos, procurando-se compreender a ocorrência, a distribuição, a movimentação da água e as suas propriedades, do mesmo modo nos estudos geomorfológicos, pois, se constituem em um dos processos morfogenéticos mais ativos na composição das paisagens terrestres. Assim, a hierarquia fluvial se caracteriza com um dos principais parâmetros morfométricos a serem levantados em uma bacia hidrográfica, e estabelece uma ordem entre os canais fluviais. Segundo Laszlo e Rocha (2014), quanto maior a participação percentual de canais de primeira ordem, maior dissecação do relevo, que pode ser provocada por controle estrutural, como falhas, fraturas ou dobramentos.

A seguir, a caracterização das variáveis morfométricas relacionadas com a drenagem das subacias hidrográficas.

Densidade de drenagem (**Dd**): um dos índices mais conhecidos e utilizados, “relaciona o comprimento da drenagem com a área da bacia, e auxilia na compreensão do escoamento superficial” (HORTON, 1945 *apud* BRUBACHER, 2011). Quanto mais expressiva for a densidade de drenagem, maior será a velocidade com que a água atinge os canais, aumentando o efeito de inundações para jusante. A densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Embora existam poucas informações, pode-se afirmar que

este índice varia de $0,5 \text{ km/km}^2$, para bacias com drenagem pobre a $3,5$ ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas (VILELA e MATOS, 1975 *apud* BRUBACHER, 2011).

Densidade de rios (**Dr**) correlaciona o número total dos canais com a área da bacia hidrográfica. Sua finalidade é comparar a frequência ou a quantidade de cursos de água existentes em uma área de tamanho padrão como, quilômetro quadrado (km^2). Indica substrato impermeável se os valores forem altos.

Índice de sinuosidade (**I_{sm}**) O índice de sinuosidade foi proposto por Schumm em 1963 (Bitar, 2014), relaciona o comprimento do canal principal com a distância vetorial entre os extremos do canal. Este índice informa sobre o escoamento superficial; quanto mais sinuoso for o canal, mais tempo a água gastará para chegar ao exutório, favorecendo as acumulações e as inundações.

Variáveis Relacionadas ao relevo

A seguir, a discussão sobre as variáveis morfométricas relacionadas com o relevo da bacia:

Amplitude altimétrica (**ΔH**) é a diferença de cota do ponto localizado no exutório e a cota do ponto situado no perímetro mais a montante da subcia hidrográfica.

A declividade do terreno consiste entre variação de altitude entre dois pontos do terreno e a distância horizontal que os separa. Foi calculada por meio da relação entre **ΔH** e **L_t** , multiplicada por cem para obter o valor em porcentagem. “A relação de relevo (**Rr**) define a velocidade de escoamento; este índice foi proposto por Schumm (1956), o qual relaciona a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal da bacia” (BRUBACHER, 2011). Alguns autores também encontram Rr por meio do cálculo da relação de **ΔH** e a raiz quadrada da Área da subacia. Quanto maiores forem os valores, mais rápido é o escoamento, reduzindo o acúmulo de água na bacia. Geralmente, no interior de bacias com elevados valores desses índices, ocorrem poucas inundações, predominantemente de rápida duração. Por outro lado, esse fluxo em alta velocidade pode incrementar o efeito das inundações a jusante da subacia. Assim, definida as variáveis, a Tabela 5 apresenta as características dos elementos geométricos, da rede de drenagem e do relevo, os índices relacionados e as fórmulas para calculá-los.

Tabela 5. Características da bacia, índices morfométricos e as fórmulas para sua obtenção

CARACTERÍSTICAS	ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	FÓRMULAS
GEOMÉTRICAS	FATOR DE FORMA (K_f)	$K_f = A \div L_r^2$
	LARGURA MÉDIA (L_m)	$L_m = A \div L_b$
	ÍNDICE DE COMPACIDADE (K_c)	$K_c = (0,28 \times P) \div A^{1/2}$
	ÍNDICE DE CIRCULARIDADE (I_c)	$I_c = (12,57 \times A) \div P^2$
REDE DE DRENAGEM	ÍNDICE DE SINUOSIDADE (I_{sin})	$I_{sin} = L_p \div L_v$
	DENSIDADE DE DRENAGEM (D_d)	$D_d = L_t \div A$
	DENSIDADE DE RIOS (D_r)	$D_r = N \div A$
RELEVO	RELAÇÃO DE RELEVO	$R_r = \Delta H / L_p$

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Tabela 6 apresenta o intervalo de valores encontrados na literatura que balizam a interpretação dos dados destas subacias e indica se o índice contribui ou não para a formação dos processos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Tabela 6. Valores de referência para análise das características morfométricas nas subacias

ÍNDICES	VALORES DE REFERÊNCIA ENCONTRADOS NA LITERATURA			RESULTADOS		FAVORÁVEL À INUNDAÇÃO?	
	ALTO	MÉDIO	BAIXO	PITUAÇU	PEDRAS	PITUAÇU	PEDRAS
I_c	> 0,51	0,45 a 0,51	< 0,51	0,36	0,34	NÃO	NÃO
K_c	> 1,0	0,5 a 0,99	< 1,0	1,66	1,71	NÃO	NÃO
K_f	> 1,75	1,5 a 1,75	< 0,51	0,35	0,53	NÃO	NÃO
D_d (km/km ²)	> 3,0	1,5 a 3,0	< 1,5	2,76	1,87	NÃO	NÃO
I_{sin}	> 1,75	1,40 a 1,75	< 1,40	1,04	1,13	NÃO	NÃO
D_r (km ⁻²)	> 4,0	2,0 a 4,0	< 2,0	7,9	3,9	SIM	SIM
R_r	> 30%	15 a 30 (%)	< 15 %	12,5	14,9	SIM	SIM

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Com relação à análise dos índices relacionados à drenagem, o Quadro 5 apresenta a hierarquização da rede hídrica, com os canais e suas respectivas ordens e comprimentos em quilômetros.

Quadro 5. Hierarquização fluvial, quantidade e comprimento dos canais das subacias de Pituaçu e Pedras

ORDEM DOS CANAIS	QUANTIDADE DE CANAIS (N)		COMPRIMENTO DOS CANAIS em km (LN)	
	PITUAÇU	PEDRAS	PITUAÇU	PEDRAS
1 ^a	70	35	17,6	8,5
2 ^a	45	6	10,6	7,9
3 ^a	7	3	7,4	2,6
4 ^a	2	1	7,8	2,5
5 ^a	1	0	1,8	0
TOTAL	125	45	45,2	21,5

Elaboração: SILVA, C.R.P

Estes dados ajudaram a subsidiar a análise da suscetibilidade em relação às inundações nas subacias Pituaçu e Pedras com relação aos parâmetros da rede de drenagem. Os dados do Quadro 5 mostraram também que o desenvolvimento da drenagem é maior na subacia do rio Pituaçu, deste modo temos: número de canais de primeira ordem na subacia de Pituaçu é o dobro daquela do Rio das Pedras; o número total de canais (N) da subacia de Pituaçu (125) é muito maior que na de Pedras (45); e o comprimento deles em Pituaçu é quase o dobro daquele do Rio das Pedras, portanto, as subacias apresentam dois comportamentos hidrológicos distintos.

Outra diferença apontada quanto ao desenvolvimento da rede de drenagem, está na hierarquia da rede de canais; a subacia do rio Pituaçu é de 5^a (quinta) ordem e a da subacia do rio das Pedras, 4^a (quarta) ordem; quanto aos índices que caracterizam a rede de drenagem. A seguir a análise dos índices morfométricos encontrados.

Com relação à Densidade de Drenagem (D_d) valores entre 1,5 e 3,0 km/km² são considerados intermediários (CHRISTOFOLETTI, 1969 *apud* SILVA *et al.*, 2003). Na subacia do Rio Pituaçu encontrou-se valores (2,76 e na de Pedras, 1,87) que classificam a densidade de drenagem como intermediária. Valores médios da densidade de drenagem ($D_d = 1,84$) semelhantes aos da subacia do Rio das Pedras, foram encontrados por Rodrigues (2008) no estudo de microbacias em Taquaritinga-SP, significando que há um substrato, nesta área, mais impermeável. Quanto à densidade de rios ou canais (D_r), esta relação expressa a magnitude da rede hidrográfica da bacia, indicando a sua capacidade em gerar novos cursos

d'águas (Freitas, 1952 *apud* Lana, 2001). Quanto maior o índice, menor é a capacidade de infiltrar água. Os valores obtidos foram altos e refletem esta boa capacidade, das subacias, em gerar novos canais de drenagem e refletem, também, um substrato impermeável, com tendência ao acúmulo de água superficial. Desta forma, este parâmetro indica o favorecimento aos processos de formação de inundações.

Quanto ao índice de sinuosidade (I_{sin}), este índice expressa a velocidade de escoamento do canal principal. Quanto maior a sinuosidade, maior será a dificuldade de se atingir o exutório do canal, portanto, a velocidade de escoamento será menor. Valores de I_{sin} próximos a unidade indicam canais retilíneos, valores de I_{sin} superiores a 2 indicam canais sinuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais (FREITAS, 1952 *apud* SANTOS *et al.*, 2012). Os valores do índice (1,04 e 1,13 respectivamente para Pituvaçu e Pedras), os classificam como canais retilíneos. Desta forma, a vazão se desloca com rapidez da nascente até a foz, favorecendo o escoamento superficial e dificultando o processo de formação de inundações. Valores de I_{sin} parecidos foram obtidos por Da Fonseca e Da Silva (2017) na sua análise de subacias do município de Colorado do Oeste – RO; encontrou-se valores para o I_{sin} médio de 1,17, indicando que os rios principais que compõem as subacias possuem a mesma tendência a serem retilíneos. Esses fatores conjugados influenciam a distribuição da água na bacia. Estes índices obtidos sugerem que a drenagem na subacia de Pituvaçu é um pouco maior e mais densa e, por isso, possui maior capacidade em escoar o caudal para jusante, dificultando o acúmulo das águas e diminuindo a possibilidade de gerar inundações nesta subacia. Assim, a probabilidade de ocorrer eventos de inundação é um pouco maior na subacia do Rio das Pedras. Considerando que nesta, a ocupação urbana é maior que naquela, os riscos serão maiores para a população da subacia do Rio das Pedras.

Os valores baixos ($< 0,51$) relacionados ao Índice de Circularidade (I_c) obtidos para as subacias (0,36 e 0,34, respectivamente para as subacias de Pituvaçu e Pedras), indicam um formato mais alongado; o índice de compactidade (K_c) de 1,66 e 1,71 para Pituvaçu e Pedras, respectivamente, confirmou o caráter alongado das subacias; Os fatores de forma obtidos também confirmaram que o formato das subacias está distante de um círculo. O valor da subacia de Pituvaçu foi de 0,35, o que a enquadra como fator de forma baixo, refletindo sua forma mais alongada. O fator de forma da subacia do Rio das Pedras foi de 0,53, classificando-a como médio fator, caracterizando esta subacia levemente mais próxima da forma de um círculo. Um estudo realizado por Sordi *et al.* (2012) em Faxinal, PR, evidenciou a baixa propensão a inundações em bacias hidrográficas com formas alongadas e com baixos

fatores de forma (0,14) além de elevado coeficiente de compacidade (1,75) (ALMEIDA, 2017).

Valores semelhantes àqueles das subacias de Pedras e Pituaçu foram obtidos por Tonelo (2006) na bacia hidrográfica do rio da Cachoeira das Pombas em Minas Gerais; o coeficiente de compacidade obtido apresentou o valor de 1,575 e seu fator de forma foi de 0,409. Esses valores indicaram o caráter alongado desta bacia. Cabe destacar que, as bacias hidrográficas cuja forma se distanciam de um círculo, tendem a favorecer o escoamento superficial. Assim, quanto mais longe do formato de um círculo, menor a tendência da bacia a picos de enchentes porém, aumentando os efeitos de jusante. De modo geral, de acordo com os valores obtidos para estes índices morfométricos, é pequena a possibilidade de formação de processos de inundação nestas subacias. Porém, cabe destacar que, como as subacias possuem pequena extensão territorial, esse fator não deve influenciar de modo contundente os processos de formação de inundação.

A análise dos índices relacionados ao relevo dizem respeito às variáveis: Amplitude altimétrica (ΔH), a relação do relevo (R_r) e a declividade (D), as quais definem, em parte, a velocidade de escoamento. Quanto maiores forem os valores, mais rápido será o escoamento, reduzindo o acúmulo de água nas subacias e reduzindo a probabilidade da geração de processos de inundação.

A amplitude altimétrica foi obtida pela diferença das altitudes no exutório (foz da bacia) e na área mais a montante das subacias. Na subacia do Rio Pituaçu $\Delta H = H_{\text{máx}} - H_{\text{min}}$; $104 - 10 = 94$ (Pituaçu) e $\Delta H = H_{\text{máx}} - H_{\text{min}}$ $81 - 1$ igual a 80 para subacia do Rio das Pedras.

A declividade está contemplada na relação de relevo (**R_r**). A relação do relevo foi concebida por Schumm (1956) e utiliza a amplitude altimétrica e o comprimento do canal principal da subacia (Bitar, 2014). Indica o desnível médio da bacia hidrográfica. Desta forma, quanto mais elevados os valores, maior o desnível entre cabeceira e foz e maior a declividade da bacia. A relação de relevo obtido foi igual a 12,5 e 14,9 m/km respectivamente para as subacias de Pituaçu e Pedras, considerado um valor baixo, significando que o desnível é pequeno; denota que a cada 1 quilômetro de deslocamento horizontal, há um desnível de 12 metros para a subacia de Pituaçu e de 15 metros para Pedras; assim, as velocidades de escoamento superficial são baixas, um pouco mais elevadas para a subaciado Rio das Pedras. Portanto, favorecendo os processos de acumulação das águas e das inundações. Rodrigues *et al.* (2008) encontraram valores um pouco mais elevados para a razão de relevo ($R_r = 50,32$), relacionados a um maior desnível existente nessa bacia hidrográfica.

De acordo com a análise das características fisiográficas e da morfometria das subacias do Rio Pituaçu e do Rio das Pedras, a área de estudo só é suscetível de maneira mais contundente aos processos de inundação na sua parte intermediária a baixa. Quanto aos elementos fisiográficos estudados, o clima foi considerado como um fator transitório e os dados coletados indicam que podem ocorrer condições de precipitação (duração e intensidade) que permitam a geração de inundações na bacia; a geologia não permitiu elaborar inferências, mas é um elemento importante por fazer parte dos processos de formação do relevo; os solos, tratados de modo mais simplista, foram considerados apenas quando expostos, de maneira homogênea e compactados, dificultando a infiltração e favoráveis ao escoamento superficial; a vegetação dependendo do seu grau de regeneração e distribuição na bacia será favorável ou não às inundações. A geomorfologia possibilitou detalhar um pouco mais a análise, pois, permitiu diferenciar as formas do relevo da região de Salvador e associá-las às da área de estudo (tabuleiros, colinas e planícies fluvio-marinhas) e forneceu subsídios para perceber que a parte alta da bacia (tabuleiros) é predominantemente o local da geração de deflúvio e escoamento superficial e a parte baixa (planícies fluvio-marinhas), local de acúmulo das águas. O Quadro 6 apresenta todos os elementos naturais e/ou índices morfométricos analisados e suas respectivas influências para a formação das inundações na área de estudo.

Quadro 6. Elementos naturais e índices morfométricos e sua relação com as inundações e justificativas

ELEMENTOS NATURAIS/ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	FAVORÁVEL À INUNDAÇÃO	JUSTIFICATIVAS
CLIMA	SIM	Fator Transitório
GEOLOGIA	-	Elemento formador do relevo
GEOMORFOLOGIA	NÃO/SIM	Desfavorável na parte alta e favorável na parte baixa da bacia
PEDOLOGIA	SIM	Pela compactação devido à urbanização
VEGETAÇÃO	NÃO/SIM	Depende do estágio de regeneração
Ic	NÃO	Forma alongada da bacia
Kc	NÃO	Forma alongada da bacia
Kf	NÃO	Forma alongada da bacia
Dd	NÃO	Pouco densa
Isin	NÃO	Drenagem Retilínea
Dr	SIM	Alta drenagem
Relação de Relevo	SIM	Baixa declividade

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Quanto às variáveis morfométricas analisadas, cinco delas indicaram que a bacia não possui vocação para geração de inundações; ou seja, todas as variáveis relacionadas à forma da bacia (K_c ; K_f e I_c) e duas variáveis relacionadas à drenagem: (D_d e I_{sin}); no entanto, a variável de drenagem, relativo à densidade de rios (D_r), apresentou um valor elevado, indicativo de substrato impermeável, o que favorece a formação de inundações; com relação às variáveis relacionadas ao relevo, todas elas foram favoráveis aos processos de formação de inundações por causa da baixa declividade, ocasionando um escoamento mais lento e favorecendo a acumulação das águas superficiais.

3.2 CARACTERIZAÇÃO SOCIOECONÔMICA

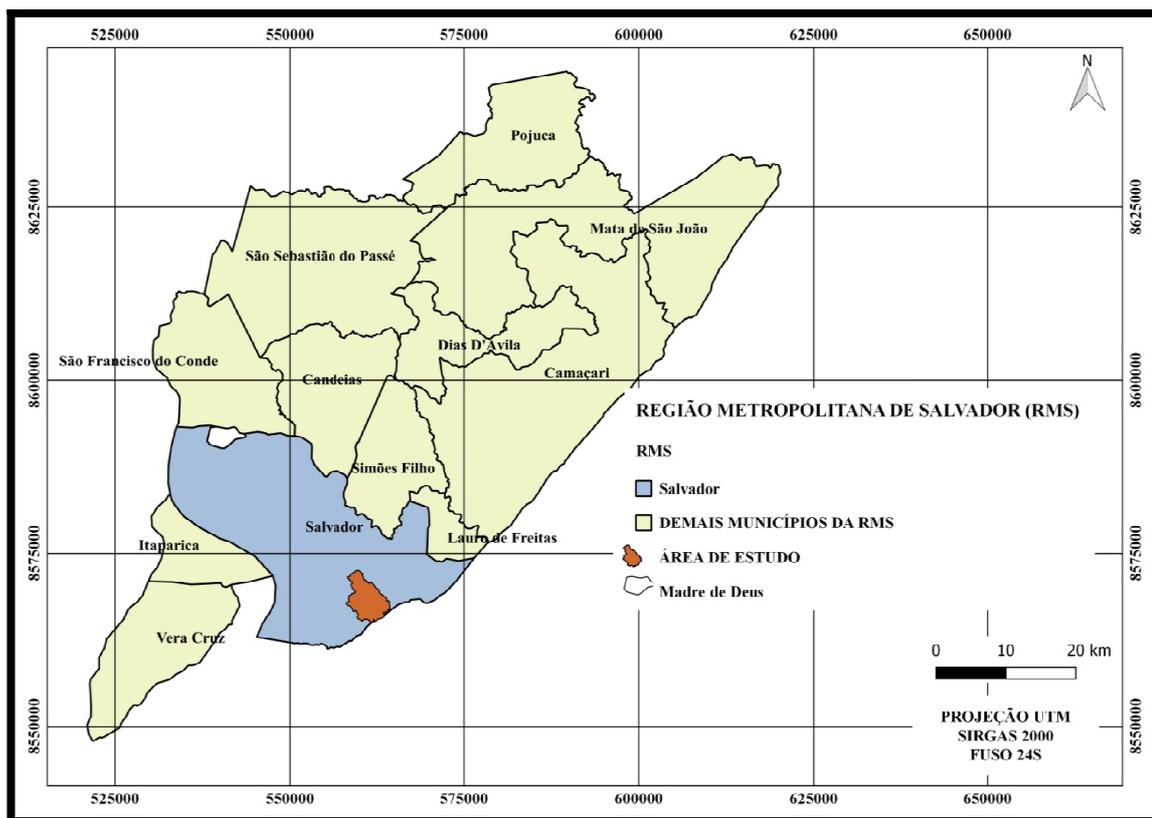
De acordo com Penteado Filho (1991), Salvador, cidade criada para ser a sede do Império Português nas Américas, até a metade do século XX possuía uma função econômica muito limitada: escoar a produção de cacau do sul da Bahia, impossibilitando um crescimento econômico significativo, além de manter o caráter agroexportador da sua economia. O quadro da cidade era de estrutura urbana obsoleta e graves problemas sanitários. A primeira experiência de planejamento urbano em Salvador deu-se na década de 1940, com o EPUCS – Escritório do Planejamento Urbanístico da Cidade do Salvador, cujo trabalho ficou conhecido como Plano Mário Leal Ferreira, em alusão a seu coordenador. O plano do EPUCS enfatizava os aspectos físicos do uso e ocupação do solo, mas também considerava fatores econômicos e sociais em grande detalhe. Este plano foi uma tentativa de resolver os problemas urbanos decorrentes da estagnação econômica da cidade.

Segundo Santana (2014), a partir das décadas de 1950 e 1960, impulsionadas pela descoberta de petróleo na região do recôncavo baiano e pelas políticas de estímulo à industrialização por parte dos governos federal e estadual; como exemplo pode-se citar a implantação do Centro Industrial de Aratu e, mais tarde, o Polo Petroquímico de Camaçari; a capital baiana viu seu contingente populacional crescer exponencialmente. Salienta-se que em Salvador houve uma mudança em sua estrutura econômica deixando de ser uma cidade prioritariamente com funções político-administrativas e com uma economia dependente dos produtos agro-exportados do recôncavo para se direcionar ao setor industrial.

Esse acelerado crescimento trouxe profundas implicações para a cidade, entre elas, o modo da população ocupar os espaços urbanos. De acordo com Penteado Filho (1991), a valorização dos melhores terrenos da cidade obrigou a parte da população, notadamente a de mais baixa renda, ocupar as baixadas e as encostas que eram as zonas de menor interesse

imobiliário e as mais desvalorizadas à época. Somente na segunda metade da década de 1970 é que um novo esforço de planejamento da cidade, de magnitude comparável à do EPUCS, foi desencadeado, com a elaboração do PLANDURB – Plano de Desenvolvimento Urbano da Cidade do Salvador e do EUST – Estudo de Uso do Solo e Transportes da Região Metropolitana de Salvador (PENTEADO FILHO 1991). A elaboração do PLANDURB se deu num contexto de crescimento econômico acelerado, tanto em nível nacional como a nível estadual. Fatores de atração das grandes cidades, devido ao avanço de atividades industriais e comerciais, aliada às más condições de vida no campo, levaram a um acelerado processo de urbanização e metropolização. Esta forma de urbanização levou a existência de dois tipos de cidade: uma legal e a outra clandestina. Segundo Soares (2009) atualmente, Salvador possui uma urbanização marcada por um “padrão periférico” obediente às lógicas do capital e às investidas das forças imobiliárias, que acentuam ainda mais a pobreza urbana. A pobreza urbana tem formas claras de manifestação e concentração no cenário urbano: precarização de espaços e vias públicas, favelização, ocupações em encostas, assim como a ausência de infraestruturas e serviços básicos.

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, a qual é inteiramente urbana, situada no município de Salvador, Bahia, possuindo uma área de 27,4 km², correspondente a quase 10% do território municipal de Salvador e apresenta uma população total de 357.750 habitantes; sua densidade demográfica é de 13.230 hab./km² (BRASIL, 2010). O Mapa 9 apresenta o local de estudo em relação à Região Metropolitana e em relação ao município de Salvador, além dos municípios que pertencem RMS.



Mapa 9. Localização da área de estudo

Fonte dos dados: BAHIA, 1992.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Tabela 7 apresenta as coordenadas geográficas do polígono envolvente da bacia.

Tabela 7 Coordenadas Geográficas em décimos de grau, do polígono que envolve a área de estudo

PONTOS	COORDENADAS GEOGRÁFICAS (DATUM SIRGAS 2000)	
	LATITUDE	LONGITUDE
1	12,942113°	38,482914°
2	12,909134°	38,448534°
3	12,959437°	38,400725°
4	12,986933°	38,435934°

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 32 mostra o polígono envolvente da área de estudo.



Figura 32. Retângulo envolvente da área de estudo
Fonte: GOOGLE EARTH. Acesso em: nov.2017.
Adaptação: SILVA, C.R.P.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu está situada entre a Rodovia BR-324 e a Avenida Oceânica; cabe destacar que a Avenida Luís Viana filho (Paralela) corta a bacia em sentido NE-SW dividindo-a em duas partes diferentes entre si em vários aspectos. Quanto ao aspecto urbanização, a da parte SE (Sudeste), localizada perto da Orla Atlântica da Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu, na margem direita da Avenida Paralela seguiu vários padrões de ocupação; nesta região, há áreas com os melhores indicadores de renda e qualidade de vida da bacia e também a convivência de diferentes estilos de moradia e padrões de construção; coexistem, atualmente, conjuntos habitacionais de classe média, a média-baixa, com algumas poucas aglomerações de moradias precárias no Bate-Facho e na Boca do Rio, junto a condomínios verticais de padrão classe média a média alta no Imbuí e residências de padrão ainda mais alto no bairro de Pituaçu. Na parte NW (Noroeste) da Paralela até a BR-324 tem-se a maior parte das moradias precárias em bairros como Arenoso, Beiru/Tancredo Neves, Jardim Cajazeiras e Pau da Lima. As Figuras de 33 a 35 apresentam algumas situações de moradia encontradas na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. A Figura 33 mostra o padrão de moradia do Bairro do Imbuí, o qual é um dos mais altos na bacia hidrográfica do o

local como muito alta vulnerabilidade e suscetibilidade acrescenta um grau de credibilidade à metodologia.

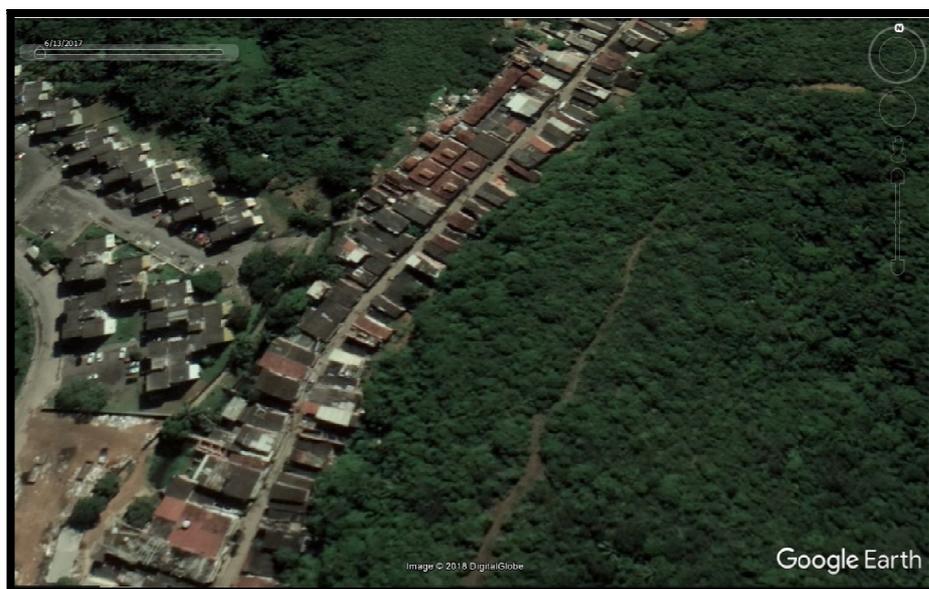


Figura 35. Ocupação (moradia) de padrão precário na bacia hidrográfica. Comunidade do Bate-Facho no Bairro do Imbuí.

Fonte: GOOGLE EARTH. Acesso em: nov.2017.

A Figura 36 apresenta um padrão de moradia precário no bairro de Tancredo Neves/Beiru, na parte NW da bacia, no chamado “miolo” de Salvador.

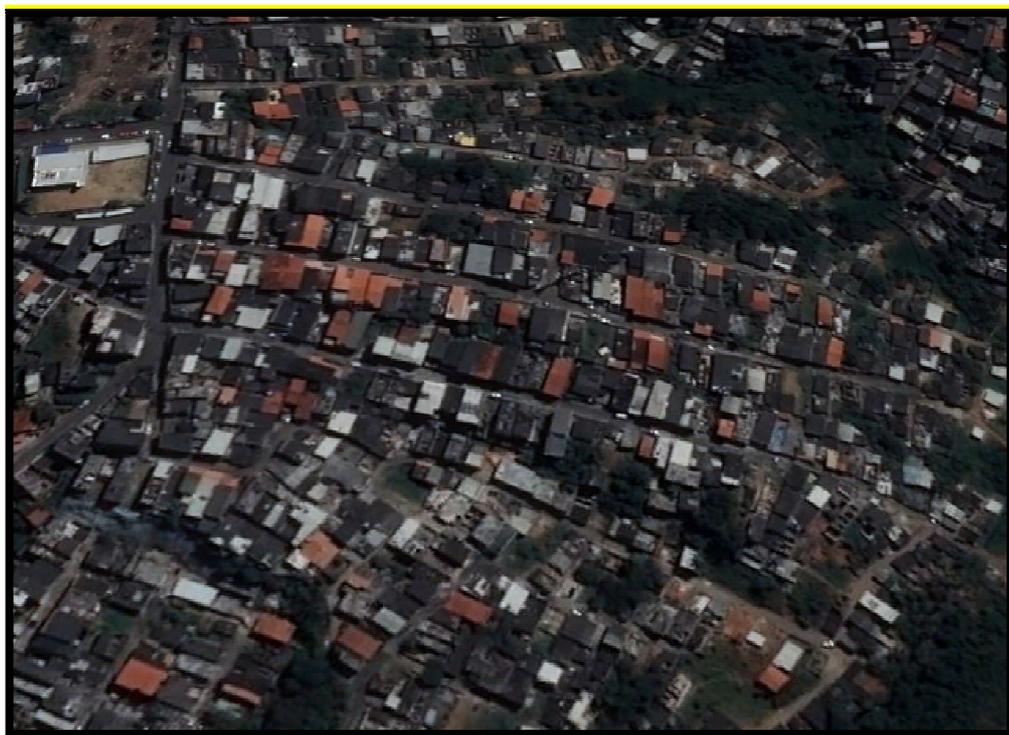
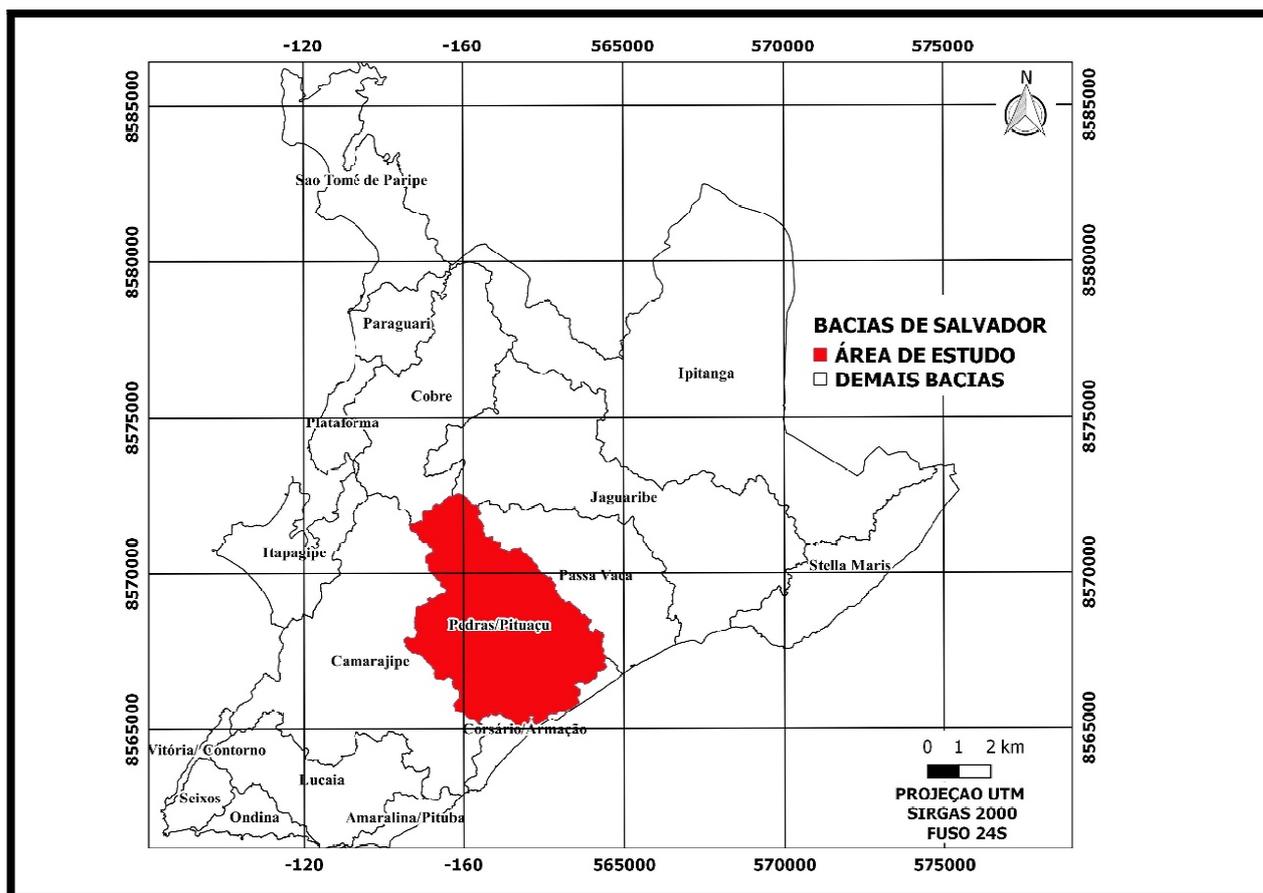


Figura 36. Ocupação de padrão precário no bairro de Tancredo Neves, Salvador-BA, parte NW da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Fonte: GOOGLE EARTH. Acesso em: nov.2017.

A Bacia do Rio das Pedras/Pituaçu fica na parte central da cidade e faz fronteira a nordeste com as Bacias Hidrográficas de Passavaca e a Bacia Hidrográfica de Jaguaribe, a sudoeste com a Bacia Hidrográfica Camarajipe; a sudeste com a Bacia de Drenagem Corsário/Armação e a noroeste com a Bacia Hidrográfica do Cobre. O Mapa 10 apresenta as bacias de Salvador e as suas fronteiras.

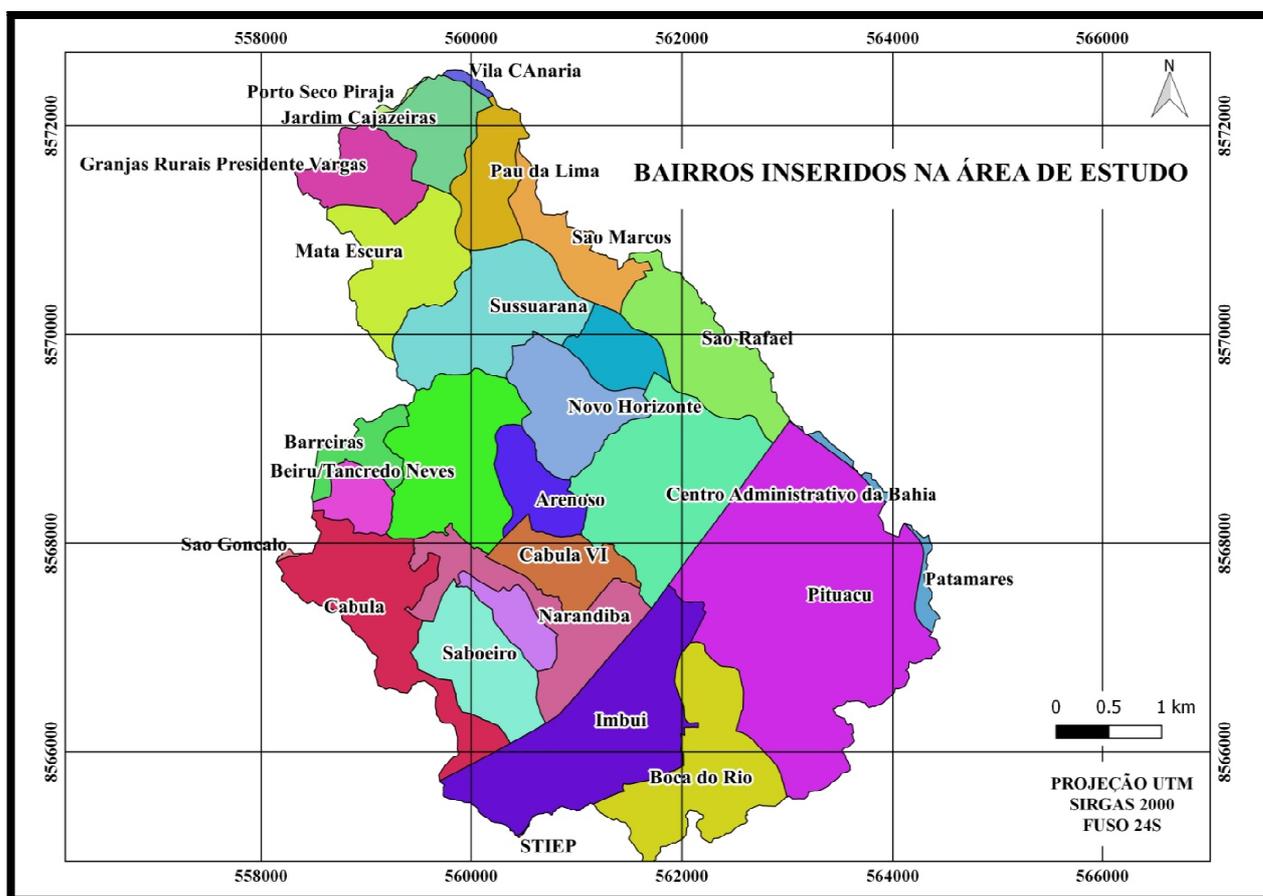


Mapa 10. Bacias hidrográficas de Salvador-Ba exceto as ilhas

Fonte: SANTOS *et al.*, 2010

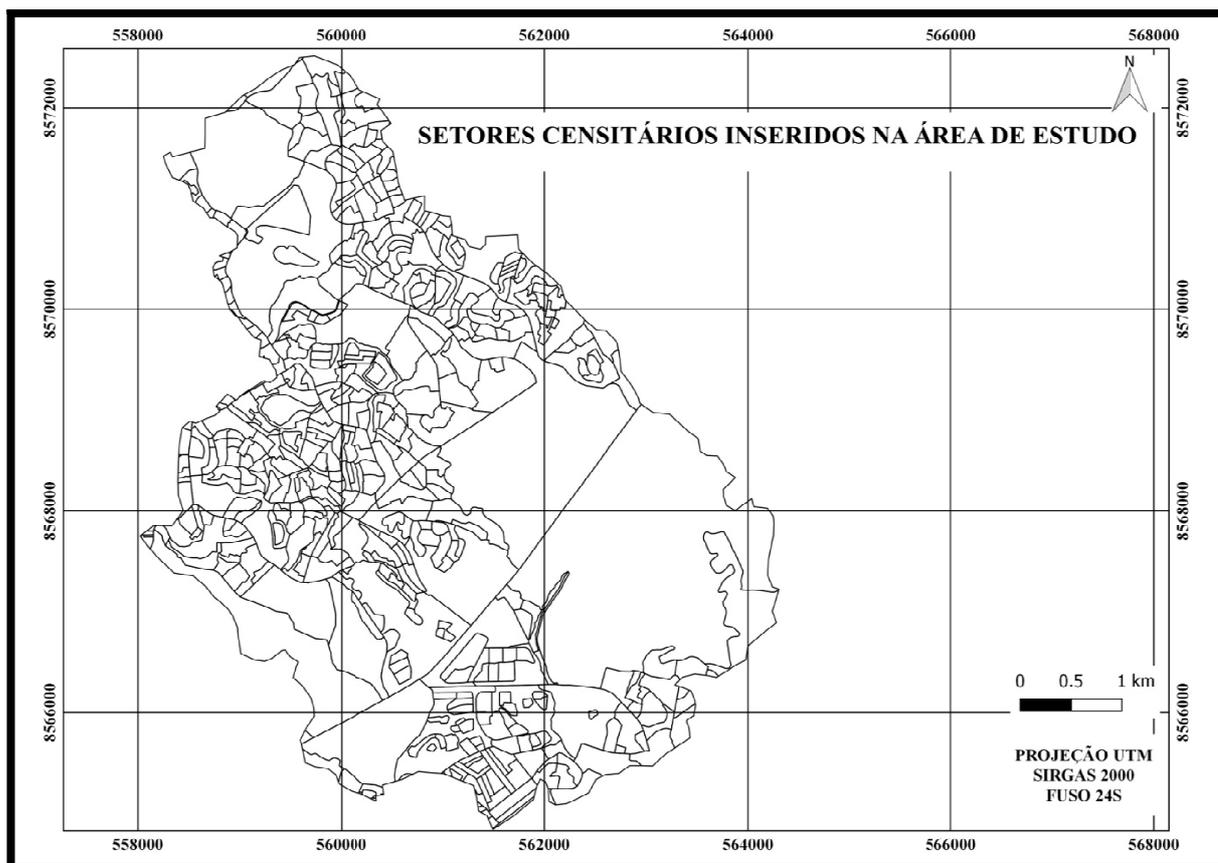
Adaptação: SILVA, C.R.P.

O Mapa 11 apresenta os vinte e cinco bairros inseridos na bacia; são os seguintes, em seus respectivos Distritos: no Distrito de Itapoan estão inseridos os bairros de Pituaçu e Patamares; o Distrito de Amaralina é composto pelos bairros do Imbuí e da Boca do Rio; no Distrito de São Caetano estão incluídos os bairros do Cabula, Cabula VI, Doron, Saboeiro, Arenoso, Mata Escura, Engomadeira, Narandiba, Tancredo Neves/Beiru, São Gonçalo e Barreiras; no Distrito de Pirajá têm-se os bairros CAB, Pau da Lima, Jardim Cajazeiras, Porto Seco, Granjas Rurais Presidente Vargas, Sussuarana, Nova Sussuarana, Novo Horizonte, São Marcos e São Rafael.



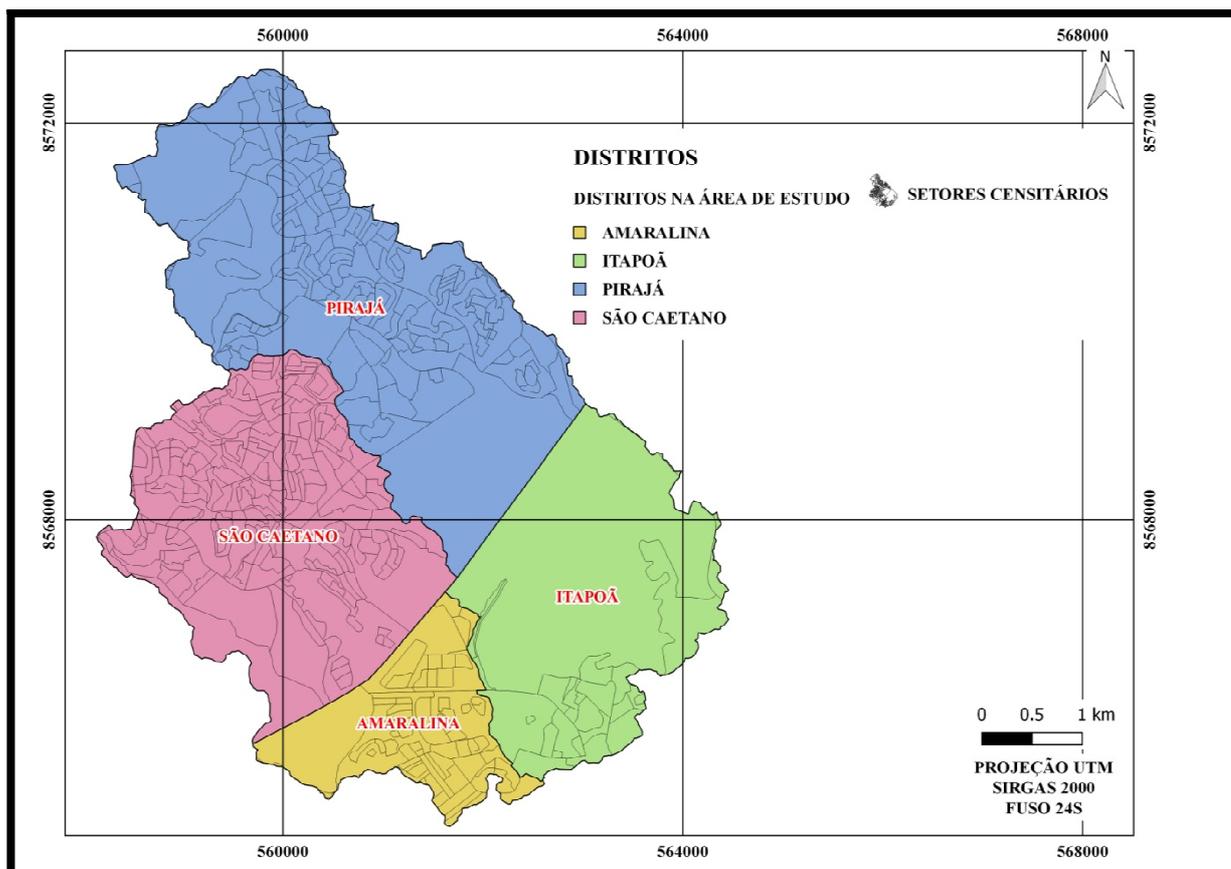
Mapa 11. Bairros inseridos na Bacia Hidrográfica do rio das Pedras/Piutaçu
 Fonte: SANTOS *et al.*, 2010
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

Com relação aos setores censitários na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Piutaçu, há quatrocentos e trinta setores censitários totalmente ou parcialmente inseridos. O Mapa 12 exhibe estes setores censitários na Bacia.



Mapa 12. Setores Censitários da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Piutaçu
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2017.
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

Devido ao grande número de bairros existentes dentro da bacia e, para ficar mais clara a análise dos indicadores sociais, a mesma será feita considerando o recorte dos Distritos. Há quatro Distritos representados na área da pesquisa: Amaralina; Itapoan; São Caetano e Pirajá. O Mapa 13 apresenta a localização dos Distritos dentro da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Piutaçu. Este shape possibilitou o cálculo das áreas e de posse dos dados de população, foi possível calcular a densidade demográfica dos distritos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Piutaçu.



Mapa 13. Distritos inseridos na Bacia
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2016.
 Adaptação: SILVA, C.R.P.

A Figura 38 mostra a distribuição das áreas em km^2 ocupadas pelos Distritos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaç. Observa-se que Pirajá é o distrito que ocupa maior área na bacia e Amaralina é o que apresenta a menor área.

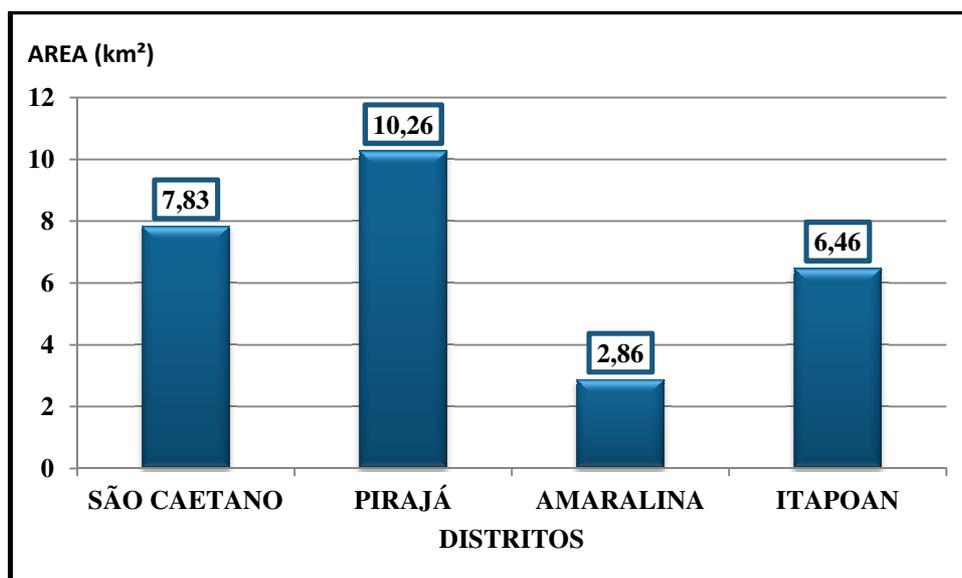


Figura 38. Área em km^2 relacionada aos seus respectivos Distritos
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2016
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 39 apresenta a distribuição da população na bacia hidrográfica de acordo com os Distritos inseridos.

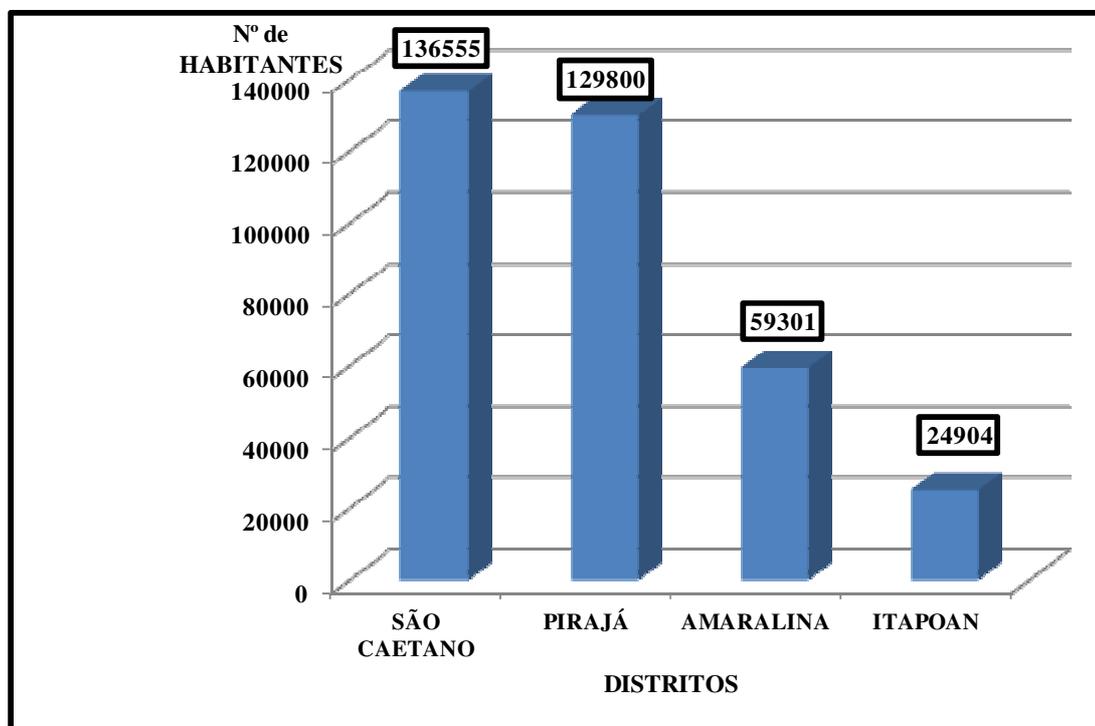


Figura 39 Distribuição da População por subdistritos na Bacia
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2017.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 40 apresenta a densidade demográfica em habitantes por km^2 . Observa-se que o Distrito de Amaralina possui uma alta densidade populacional, apesar de ter, relativamente, uma pequena população na bacia. Porém, esse pequeno número de pessoas estão concentradas em uma área territorial muito pequena, revelando o modelo de ocupação do espaço, neste bairro. Quanto ao Distrito de São Caetano, possui a maior população dentro da bacia e ocupa a maior área também. O Distrito de Itapoan possui uma densidade mais baixa em relação aos demais devido ao Parque Metropolitano de Pituçu estar inserido no seu território, o que cria um vazio ocupacional neste distrito. O Distrito de Pirajá ocupa uma posição intermediária, com uma população de quase 130.000 pessoas e densidade demográfica de cerca de 12.000 hab./ km^2 .

Considerando que a densidade demográfica real de Salvador calculada anteriormente é de 8.659,08 hab./ km^2 , observa-se que esta bacia apresenta valores bem mais elevados e se configura em um fator de grande importância com relação aos eventos naturais danosos, como as inundações.

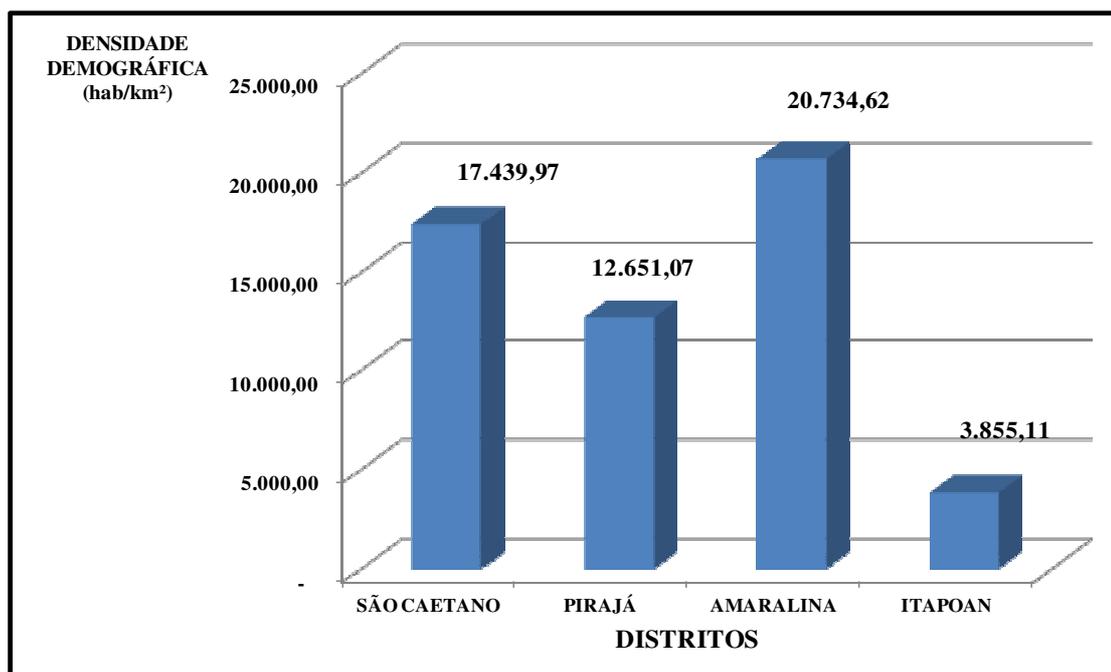


Figura 40. Densidade Demográfica (hab/ha) por Distrito.
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2017.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

Com relação à renda, a Figura 41 mostra o poder aquisitivo dos habitantes dos respectivos distritos, refletidos no percentual da sua renda média. Nesta situação, os Distritos de Itapoan e Amaralina, que apresentam as menores populações, concentram cerca de 70% da renda média da bacia..

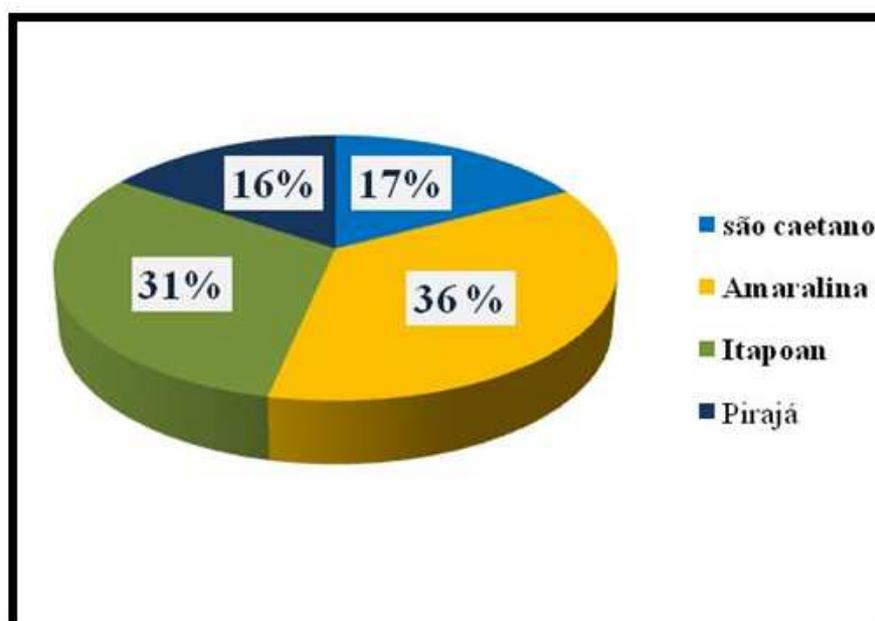


Figura 41. Renda Média por Subdistrito na área de estudo
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov.2017.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A situação socioeconômica dos moradores dessa bacia pôde ser caracterizada também a partir do rendimento dos chefes de família que se encontram nas seguintes faixas de renda mensal: 33,89%, recebem até 1 SM, enquanto que 31,98 % estão na faixa entre 1 e 3 SM e apenas 2,27% recebem mais de 20 SM (BRASIL, 2010). Segundo Santos *et al.* (2010), os índices de escolaridade dos chefes de família desta Bacia estão distribuídos da seguinte maneira: 15,31 % possuem de 1 a 3 anos de estudo; 27,44 % têm entre 4 e 7 anos; 14,56% estão na faixa de 8 a 10 anos de estudo e 27,83% entre 11 e 14 anos de estudo.

Os dados, desta forma, confirmaram a hipótese levantada sobre a forte vulnerabilidade social de pelo menos de parte da população da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Verificou-se que grande parcela da renda da bacia está concentrada nos setores censitários dos bairros do Imbuí e Patamares, os quais ocupam uma área bem diminuta do território da bacia. Deste modo, a concentração de renda e a densidade demográfica elevada nas parcelas mais carentes da população da bacia tornam a questão socioeconômica forte indicadora da fragilidade desta população frente a eventos de inundação.

CAPÍTULO 4. ÁLGEBRA DE MAPAS.

Este capítulo objetiva apresentar e discutir os produtos gerados no processo de elaboração do Mapa de Riscos de Inundação da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu e descritos no Capítulo da Abordagem Metodológica. Cabe destacar que o Mapa de Riscos de Inundação foi construído por meio da soma algébrica dos Mapas Temáticos de Suscetibilidade a Inundações e de Vulnerabilidade Social. Assim, deve-se detalhar primeiro a elaboração destes mapas temáticos antes de explicar a construção do Mapa de Riscos de Inundação.

O mapa de suscetibilidade a inundações foi formado pelas variáveis Uso, Ocupação & Cobertura do Solo; Declividade; e Hipsometria. Cada variável foi desmembradas em categorias com pesos diferentes com relação à sua importância em favorecer ou não os procesos geradores de inundação. Deste modo, dentro da categoria Uso, Ocupação & Cobertura do Solo identificou-se as seguintes Categorias: Área impermeabilizada que é a parte totalmente urbana da bacia; Vegetação, incluindo a mata do Parque de Pituaçu, a Mata do rio Cascão e o Jardim Botânico, além de fragmentos florestais, em variados graus de regeneração (foi possível distinguir três estágios), distribuídos na bacia; Solo Exposto, estando disseminados por toda a bacia e foram considerados como uma unidade homogênea e compactada; Corpos Hídricos, são todas as massas de água situadas dentro da bacia, considerando o lago do Parque de Pituaçu, os reservatórios do rio Cachoeirinha e do Rio Cascão e algumas lagoas relacionadas ao afloramento do lençol freático. O critério utilizado para hierarquizar as categorias nestas variáveis naturais foi: quanto maior o peso, maior a relevância para gerar processos de inundação na bacia.

Com relação às variáveis socioeconômicas, foram utilizados os dados do IBGE, do Censo de 2010. Os dados estão agrupados por setores censitários. Na bacia foram encontrados 430 setores inseridos total ou parcialmente. As variáveis escolhidas foram Renda; Densidade Demográfica e Tipo de Moradia. A renda usada foi a renda média mensal em salários mínimos da renda bruta apurada e agrupada por setor censitário. Quanto menor essa renda maior o peso e maior a vulnerabilidade social; quanto à densidade demográfica (população de um setor censitário dividida pela área em km² daquele setor), quanto maior ela for, maior o peso porque considerou-se que, um universo maior exposto ao risco envolve maior vulnerabilidade a eventos de inundação (maiores perdas econômicas e maiores perdas de vida) e o tipo de moradia (considerando os aglomerados subnormais do IBGE e os demais tipos encontrados): quanto mais frágil, maior o peso e maior a vulnerabilidade. As moradias

só foram separadas em dois tipos: com peso 2 as moradias consideradas pelo IBGE como subnormais (barracos, favelas, construções frágeis e etc.). As demais (prédios, conjuntos habitacionais, prédios públicos, comerciais, penitenciária, hospitais) obtiveram peso 1. Cabe lembrar que as habitações estão todas agrupadas por setores censitários. A seguir, o Quadro 6 apresenta as variáveis adotadas, as categorias (subcategorias) identificadas e os pesos relativos arbitrados.

Quadro 6. Variáveis naturais e as categorias (e subcategorias) com seus respectivos pesos

VARIÁVEIS	CATEGORIAS / SUBCATEGORIAS		PESO
USO, OCUPAÇÃO & COBERTURA DO SOLO	VEGETAÇÃO	AVANÇADO	1
		INTERMEDIÁRIO	2
		INICIAL	3
	SOLO EXPOSTO		3
	ÁREAS IMPERMEÁVEIS/ÁREA URBANIZADA		4
	CORPOS HÍDRICOS (Lagos, represas, reservatórios e etc.)		5
DECLIVIDADE	CLASSE	Declividade (%)	PESO
	PLANO	0 a 3	5
	SUAVE ONDULADO	3 a 8	4
	ONDULADO	8 a 20	3
	FORTEMENTE ONDULADO	20 a 33	2
HIPSOMETRIA	CLASSE	Altitude (m)	PESO
	MUITO BAIXO	4 a 15	5
	BAIXO	15 a 30	4
	INTERMEDIÁRIO	30 a 45	3
	ALTO	45 a 60	2
	MUITO ALTO	> 60	1

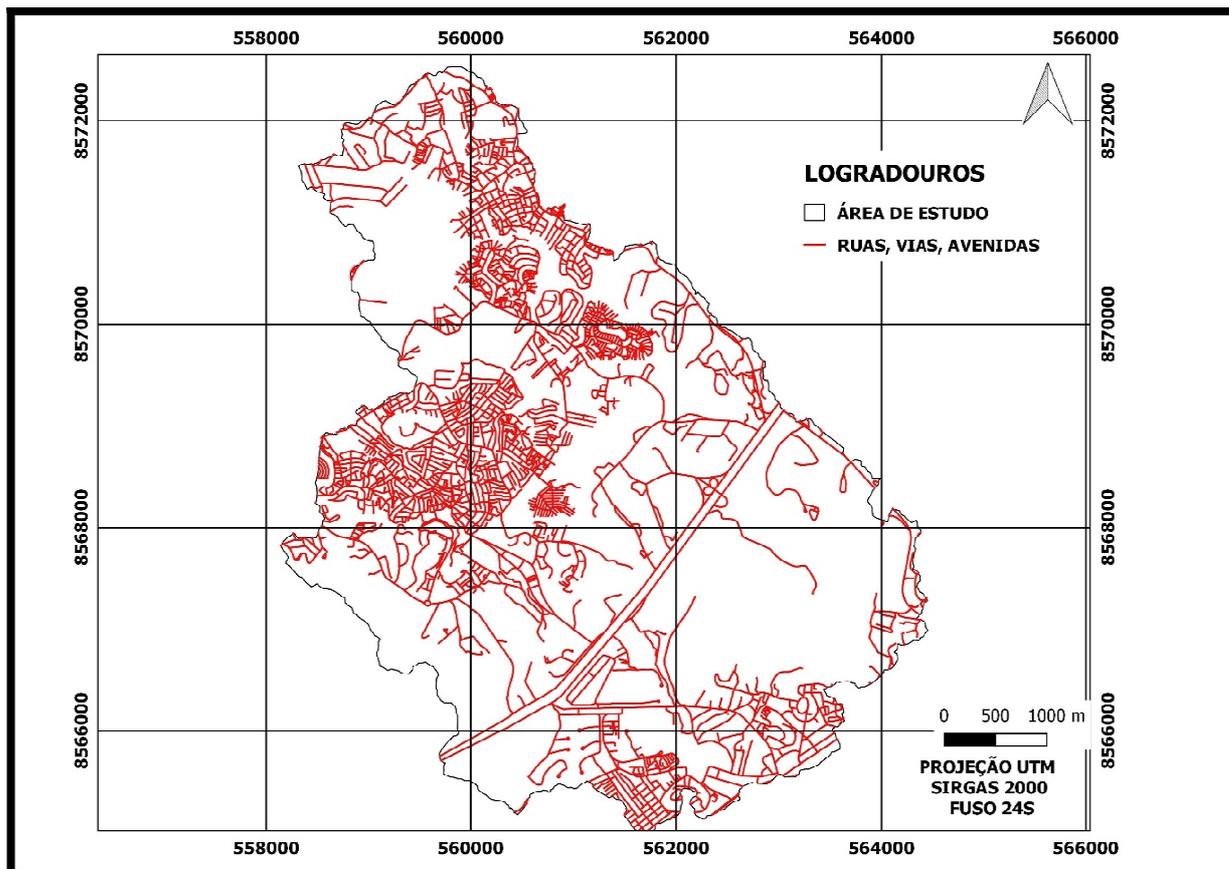
Elaboração: SILVA, C.R.P.

A seguir, serão apresentados todos os produtos gerados das variáveis que compuseram o Mapa de Suscetibilidade a Inundações e que foram descritos no Capítulo da Abordagem Metodológica, na etapa de preparação dos mapas temáticos e dos mapas síntese: Uso, Ocupação & Cobertura do Solo; Declividade e Hipsometria.

Uso, Ocupação & Cobertura do Solo.

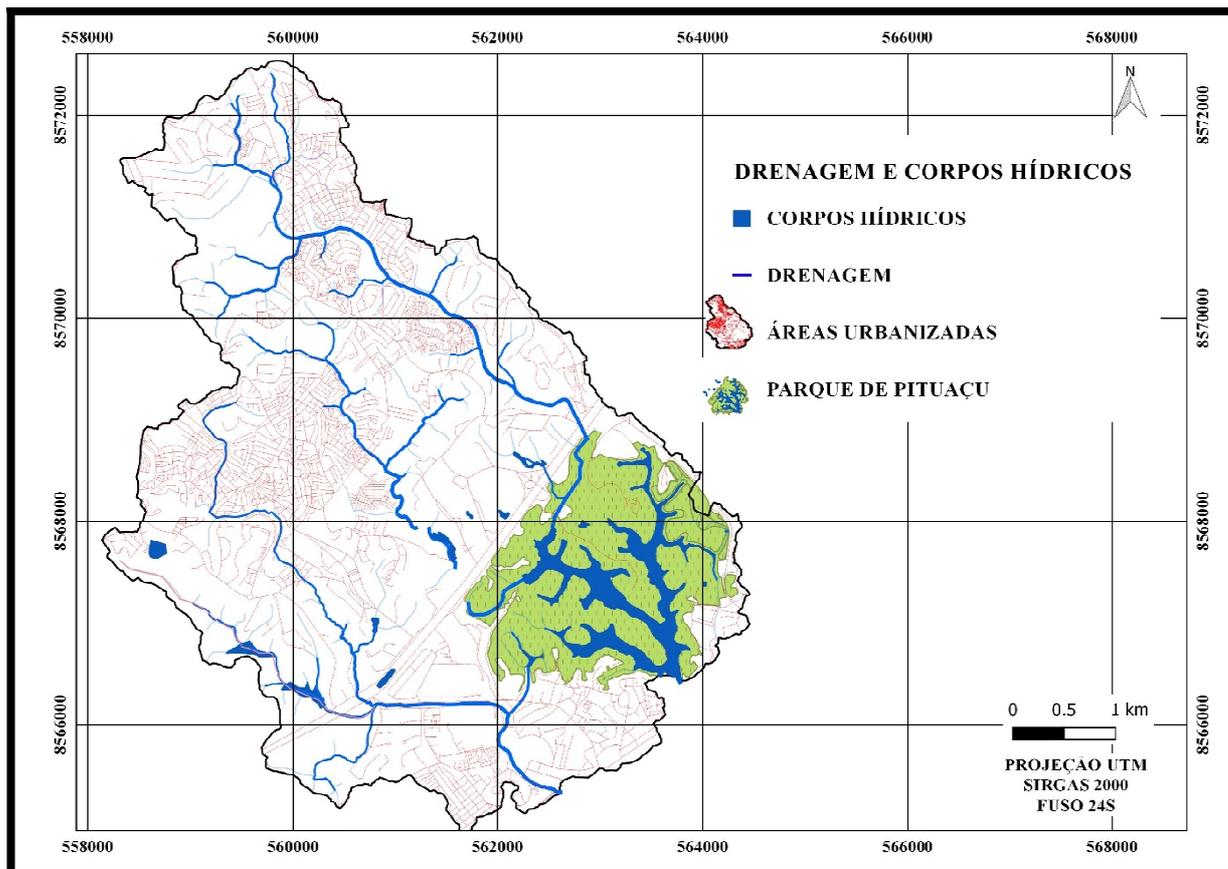
O Uso, Ocupação & Cobertura do Solo em uma área é um forte indicador para demonstrar a forma de uso do território ocupado pelo homem e a interferência nos mecanismos de infiltração e escoamento superficial da água no terreno. Esta variável é utilizada em todos os estudos referentes à suscetibilidade ambiental. Nesta Variável foram identificadas 4 categorias que representaram os principais usos e ocupação do solo na bacia. A partir desta identificação, foram gerados os seguintes mapas temáticos, por categoria, em formato vetorial.: Área Urbana (Áreas Impermeáveis); Corpos Hídricos e Drenagem; Vegetação; e Solo exposto.

O Mapa 14 apresenta o shape com as áreas impermeáveis.



Mapa 14. Área urbanizada no recorte da área de estudo
Fonte dos dados: BAHIA, 1992
Adaptação: SILVA, C.R.P.

O Mapa 15 mostra o Parque de Pituçu, a rede de drenagem e os corpos hídricos encontrados na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituçu.

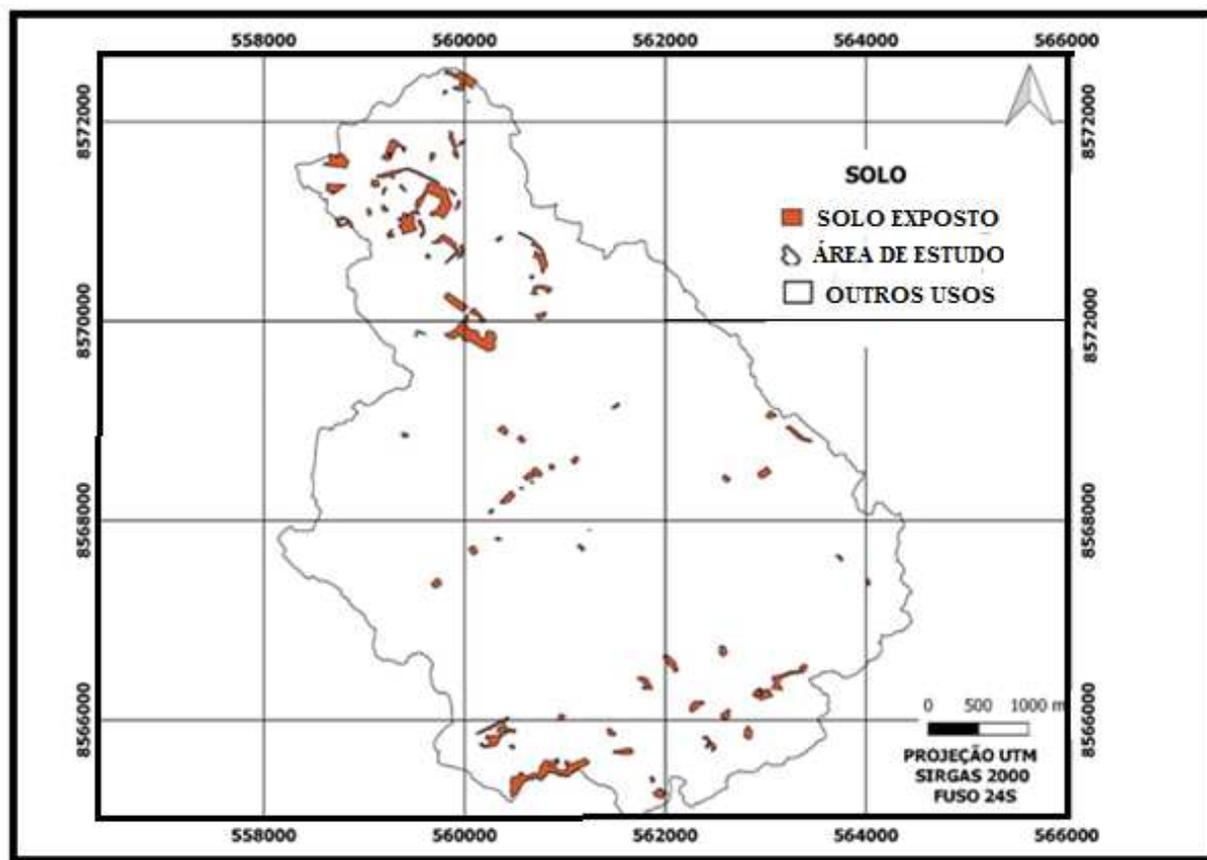


Mapa 15. Corpos hídricos (lago de Pituáçu e demais açudes e reservatórios), drenagem e as áreas urbanizadas

Fonte dos dados: BAHIA, 1992

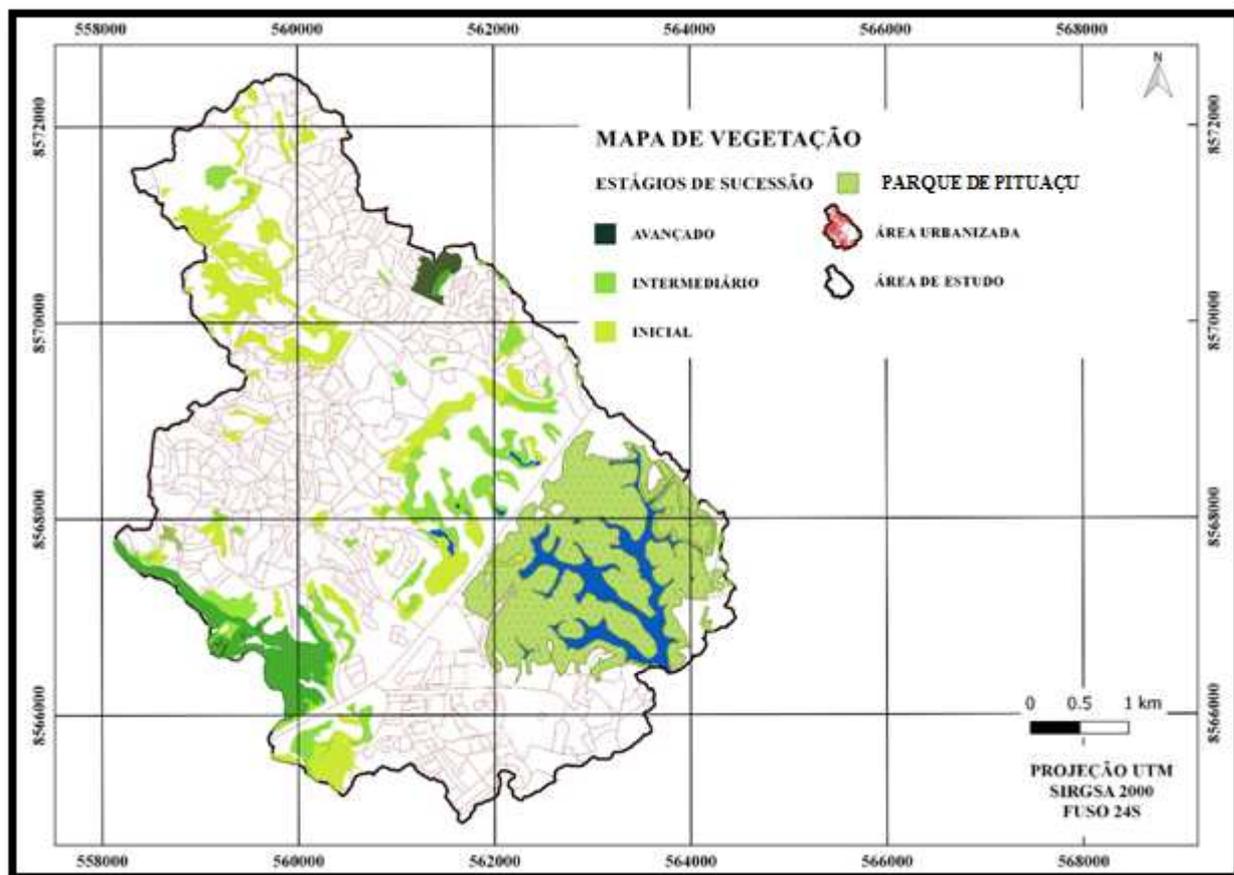
Adaptação: SILVA, C.R.P.

O mapa de solo foi elaborado com base na identificação de manchas de solo exposto em imagens recentes (ano de 2017) do Google Earth Pro, acessada nesse mesmo ano, vetorizadas e exportadas para o QGIS. O Mapa 16 apresenta o resultado obtido para o recorte da bacia.



Mapa 16. Solo exposto na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu
Fonte dos dados: GOOGLE EARTH. Acesso em: jun.2017
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Com relação à Vegetação na bacia, foi possível identificar três subcategorias relacionadas aos estágios de sucessão da Mata Atlântica. O Mapa 17 mostra a distribuição dos estágios encontrados na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu, além do Parque Metropolitano de Pituaçu.

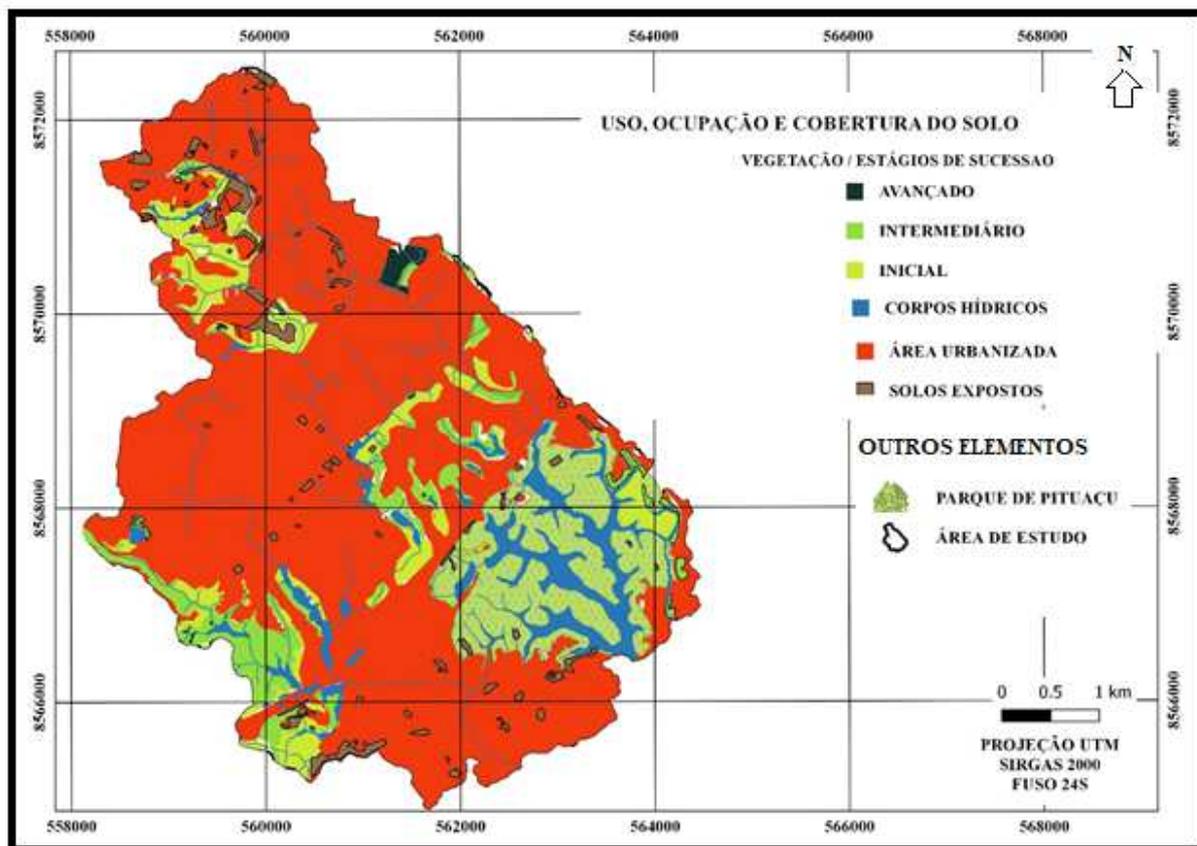


Mapa 17. Vegetação e seus estágios de sucessão na área de estudo, o Parque de Pituáçu e as área urbanizada dentro da área de estudo

Fonte dos dados: BAHIA, 2013

Adaptação: SILVA, C.R.P

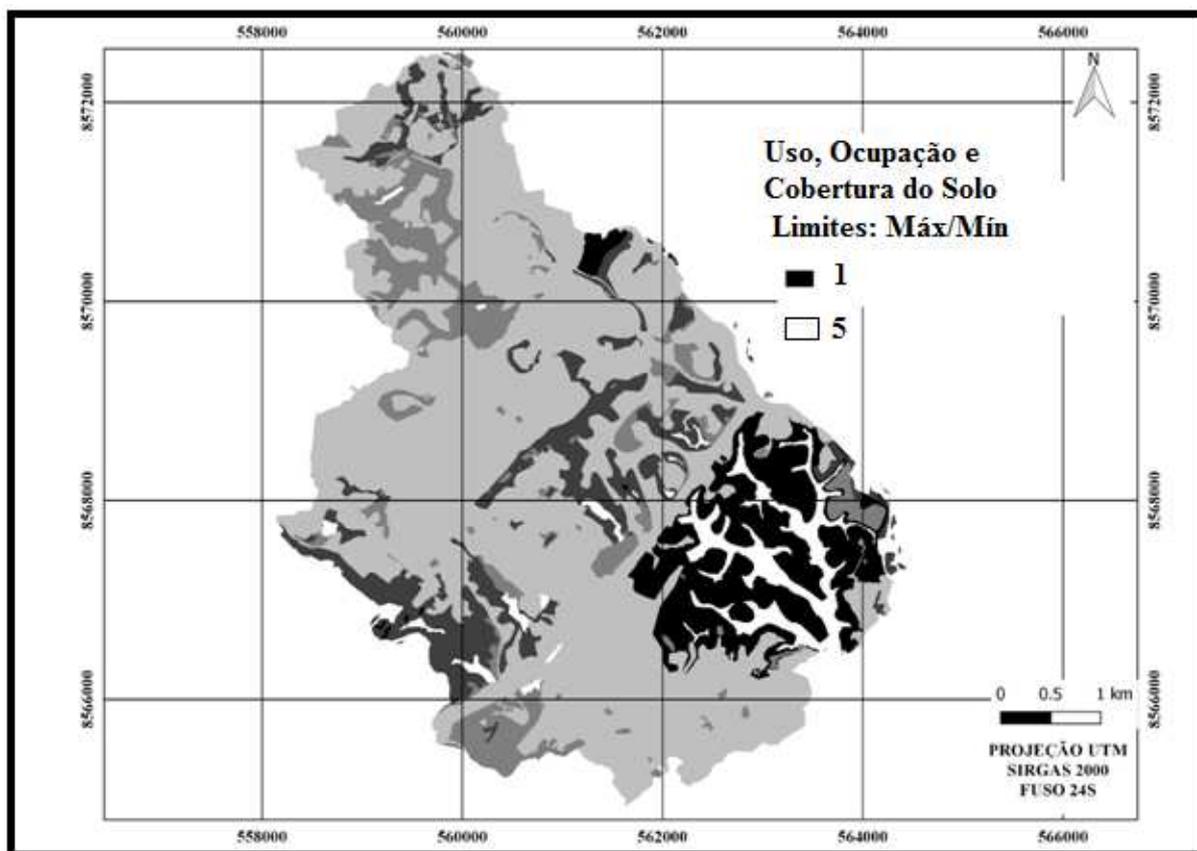
Após a elaboração do mapa temático, foi criado o mapa-síntese; um shape único com todos os elementos anteriores em formato vetorial. O mapa 18 apresenta esse resultado.



Mapa 18. Uso, Ocupação & Cobertura do Solo em formato vetorial.
 Fonte dos dados: BAHIA, 1992 e BAHIA, 2013
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

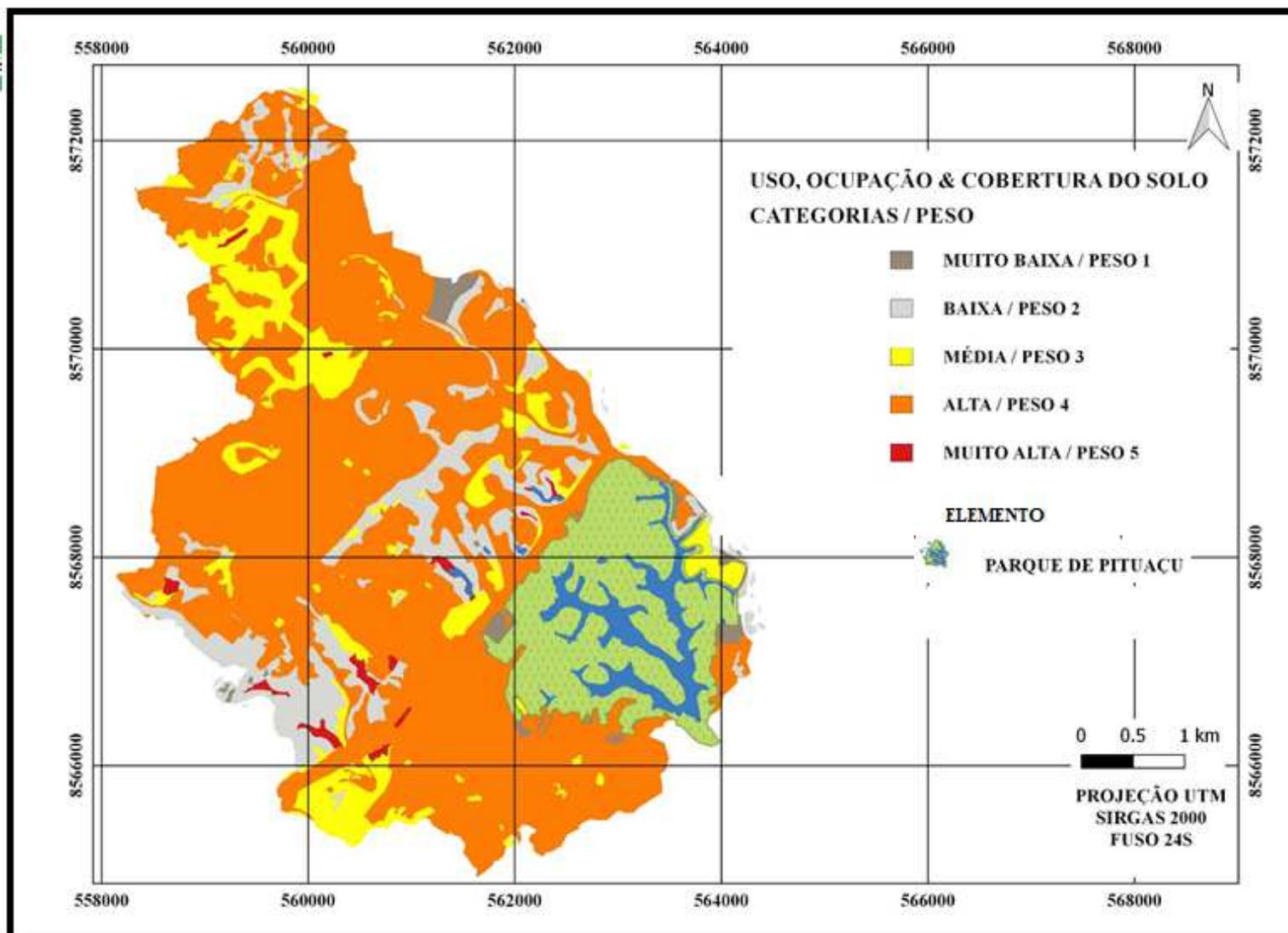
A próxima etapa foi a rasterização por meio de algoritmos do QGIS 2.14.14 que consiste na transformação dos formatos de vetorial para matricial. Após esta transformação, o Mapa-Síntese ficou apto para o próximo passo que é a álgebra de mapas.

O shape da variável Uso, Ocupação & Cobertura do Solo em formato raster resultante deste processo está apresentado no Mapa 19. Cabe observar que os limites representam os pesos máximo e mínimo arbitrados.



Mapa 19. Uso & Ocupação do Solo em formato matricial (raster)
Elaboração: SILVA, C.R.P.

A este shape em formato raster foi associado uma rampa de cores. Cada variável foi representada com uma cor diferente de acordo com o seu Peso. O Mapa 20 apresenta o resultado.



Mapa 20. Mapa síntese de todos os mapas temáticos da variável Uso, Ocupação e Cobertura do Solo
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Para efetuar a análise dos dados, calculou-se a área que cada categoria (e subcategorias) ocupam e sua porcentagem em relação à área total da bacia e o Peso que foi arbitrado. O Quadro 7, apresenta esta situação.

Quadro 7. Categorias (e subcategorias) da variável Uso, Ocupação & Cobertura do Solo, a área em km² e em porcentagem e os pesos respectivos.

USO, OCUPAÇÃO & COBERTURA DO SOLO	CATEGORIAS	ÁREA (km²)	SUBCATEGORIAS ESTÁGIOS de SUCESSÃO	%	PESO
	VEGETAÇÃO	6,5	Avançado	24	1
			Intermediário		2
			Inicial		3
	SOLO EXPOSTO	0,7	-	2	3
	ÁREA URBANIZADA	18,6	-	68	4
	CORPOS HÍDRICOS	1,5	-	6	5

Elaboração: SILVA, CRP.

Pôde-se observar que cerca de 70 % da área da bacia está ocupada pela variável Área Urbanizada. Estas áreas são desprovidas de vegetação e altamente impermeabilizadas, isto significa que a maior parte da bacia possui áreas favoráveis ao escoamento superficial e, eventualmente, ao acúmulo das águas.

Quanto a vegetação, apesar de ocupar mais de 20% da área da bacia, seu efeito mitigador de inundações está enfraquecido porque a maior parte dela (58%) está em estágio intermediário de regeneração, concentrada em uma faixa central da bacia no sentido NE-SW; a mata do cascão, na parte Sul desta faixa, concentra a maior área de mata contínua neste estágio de regeneração. A vegetação em estágio avançado representa apenas 3% da mata total da bacia e está concentrada no Parque de Pituauçu e no Jardim Botânico (localizada a NW da bacia, no bairro de São Rafael). A vegetação em estágio inicial de regeneração (39%) está distribuída de forma fragmentada na parte alta e central da bacia. Cabe destacar que esta vegetação e os solos expostos obtiveram o mesmo peso (três), por isso estão indistinguíveis no mapa, pois, possuem a mesma coloração. Portanto, o comportamento é o mesmo quanto aos processos de geração de inundação no sentido de favorecer o escoamento superficial pela limitada capacidade em infiltrar as águas pluviais.

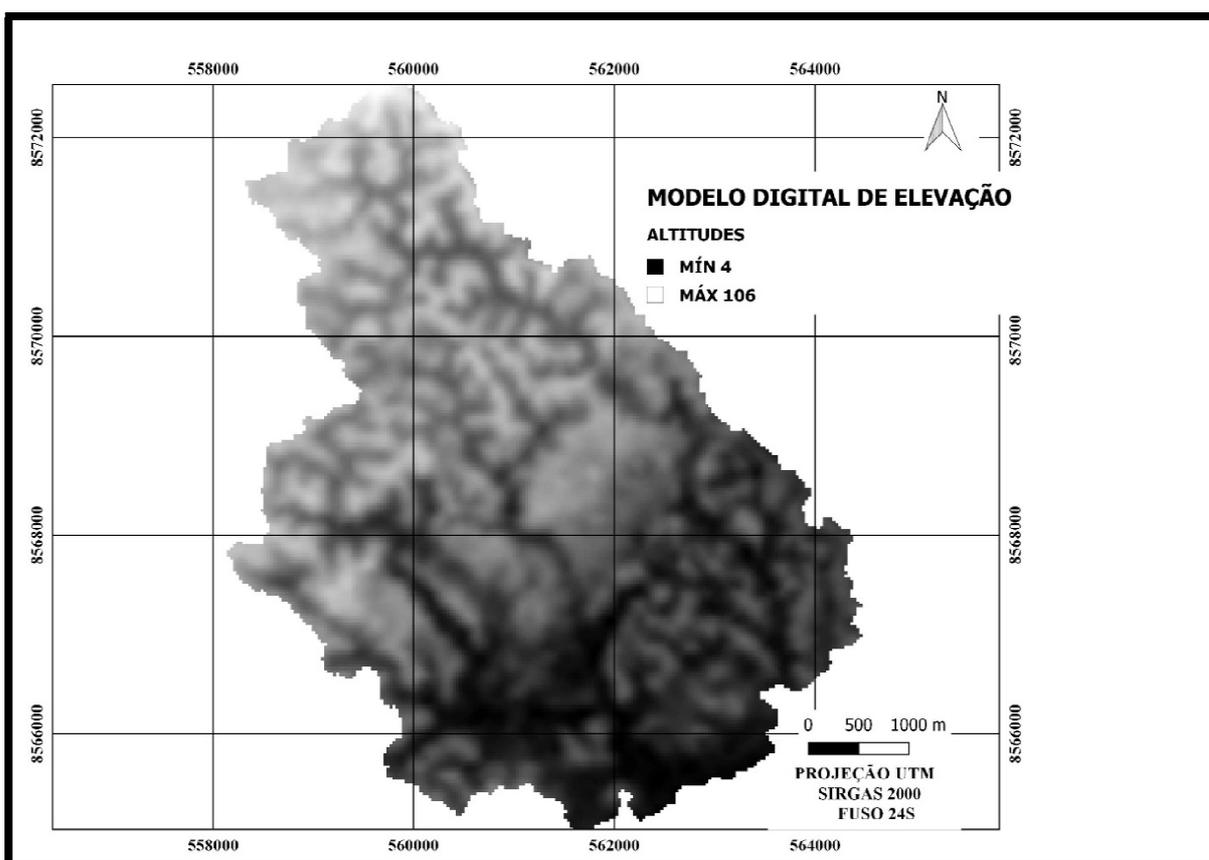
Quanto às massas de água, elas estão concentradas de modo significativo no lago do Parque de Pituauçu, no entanto, se encontra alguns reservatórios pequenos localizados no centro e no alto da bacia. Destaca-se que elas estão representadas com a cor vermelha para manter o

critério utilizado neste trabalho de usar cores mais quentes para representar as maiores suscetibilidades a inundações.

Mapa de Declividade.

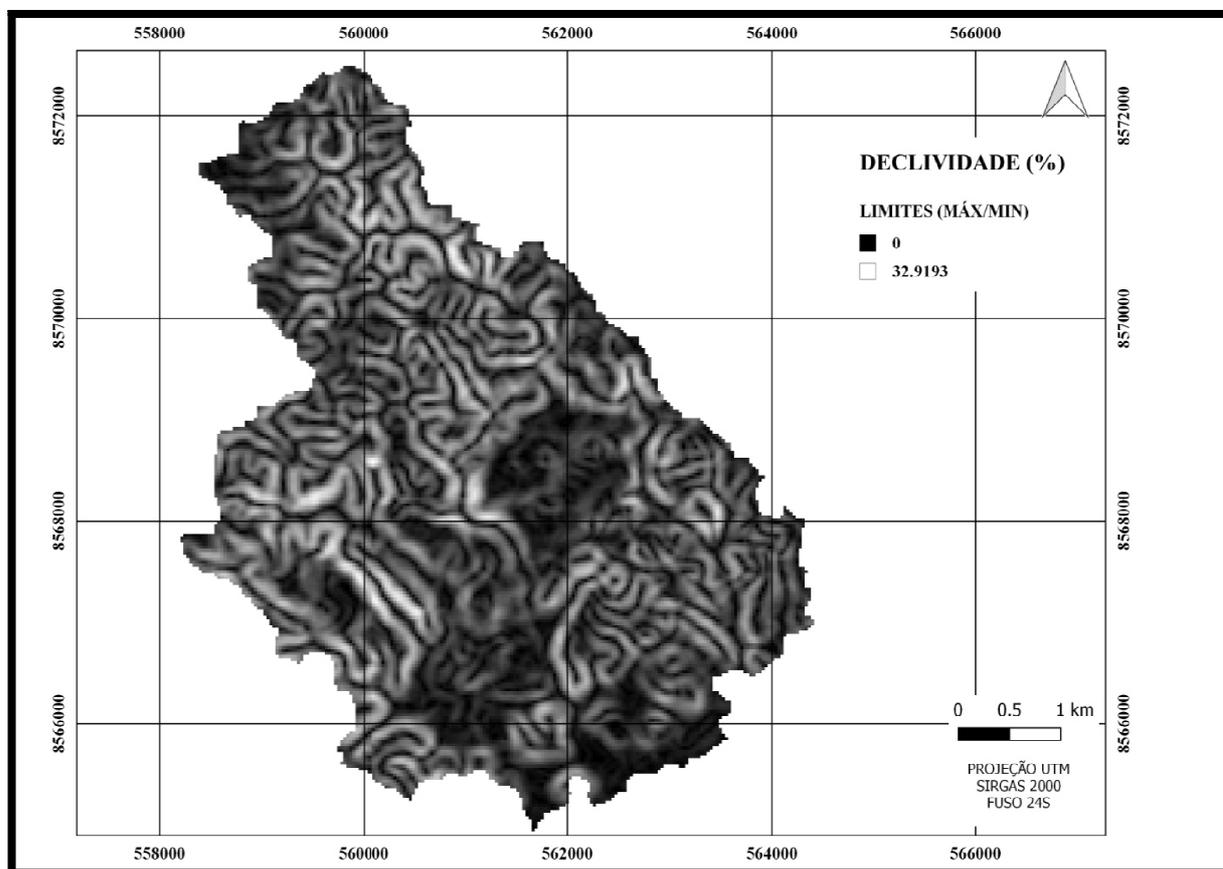
Os mapas de declividade emergem como ferramenta de vital importância para a análise do relevo, sendo uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno, amparando a análise da paisagem” (COLAVITE e PASSOS, 2012. p.1549).

Porém, antes de criar tanto o mapa de declividade quanto o Hipsométrico, foi necessário elaborar o Modelo Digital de Elevação - MDE; para isso foi baixada uma imagem de satélite SRTM. Após baixar e efetuar as correções na imagem, já descritas, é feito o recorte desta imagem para a bacia. O Mapa 21 apresenta a imagem SRTM com recorte para a área de estudo. Observa-se os limites de altitude máximo e mínimo (106 e 4 metros).



Mapa 21. MDE recortado para a área de estudo
Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: ago. 2016
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Após a base preparada, os passos para a elaboração do Mapa de Declividade estão descritos na metodologia. O Mapa 22 apresenta o tipo de renderização banda simples cinza. Cabe observar que a declividade variou de 0 a aproximadamente 33%.



Mapa 22. Mapa de declividade em banda simples cinza da área de estudo.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: ago. 2016

Elaboração: SILVA, C.R.P.

O próximo passo foi preparar as regras (formato “.txt”) para associar as categorias aos respectivos pesos. A Tabela 8 apresenta as categorias de declividade definidas pela EMBRAPA, a qual serviu de inspiração para a elaboração da classificação adotada nesta pesquisa.

Tabela 8. Classificação da Declividade (EMBRAPA)

DECLIVIDADE	CATEGORIAS
0 a 3	PLANO
3 a 8	SUAVE ONDULADO
8 a 20	ONDULADO
20 a 45	FORTE ONDULADO
45 a 75	MONTANHOSO
> 75	FORTE MONTANHOSO

Fonte: BRASIL, 2006

Adaptação: SILVA, C.R.P.

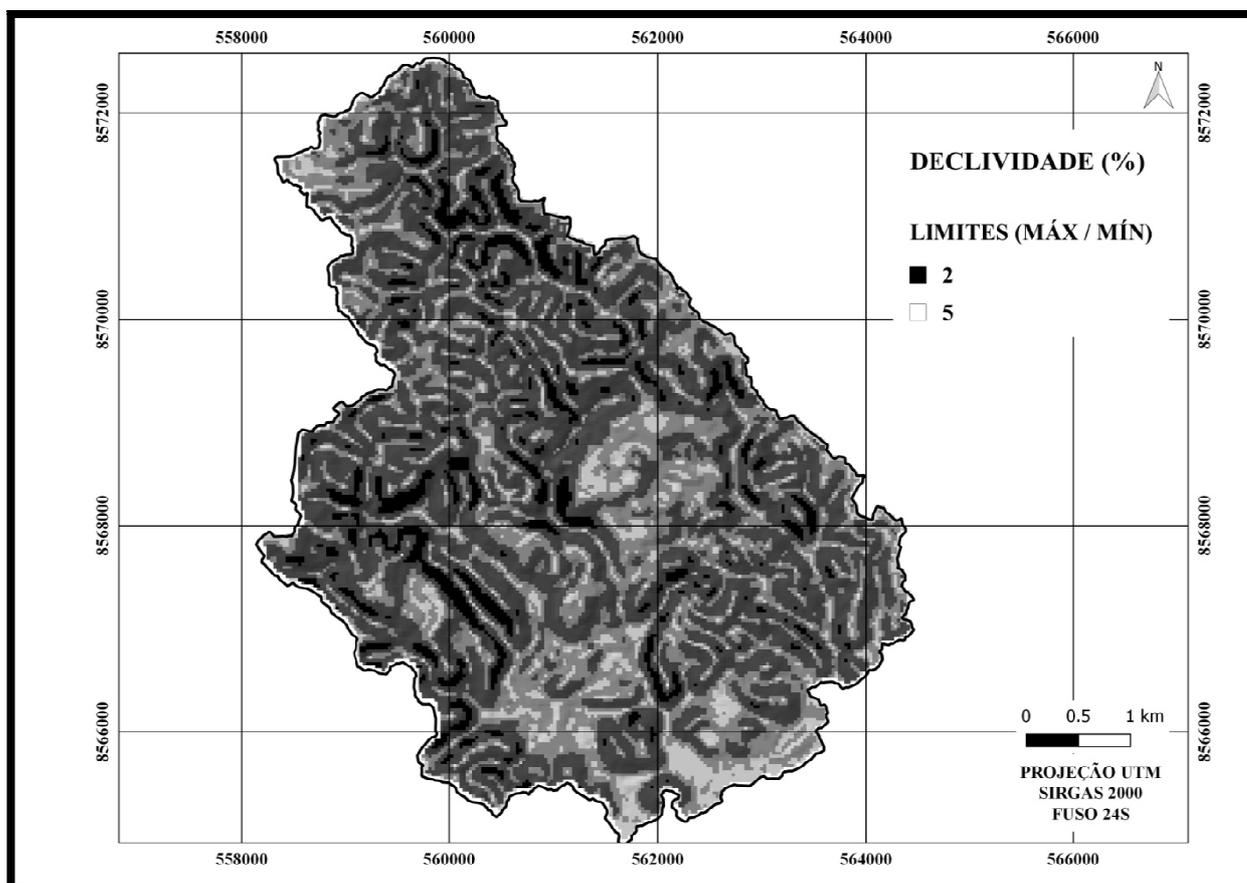
Baseada nesta classificação, foram elaboradas as regras que associaram as categorias encontradas aos respectivos pesos, seguindo o critério de quanto mais plano mais favorável aos processos de inundação e consequentemente, maior o peso. O Quadro 8 apresenta as categorias, as faixas de declividade encontradas na área de estudo e os respectivos pesos associados.

Quadro 8. Categorias, as faixas de declividade e seus respectivos pesos associados

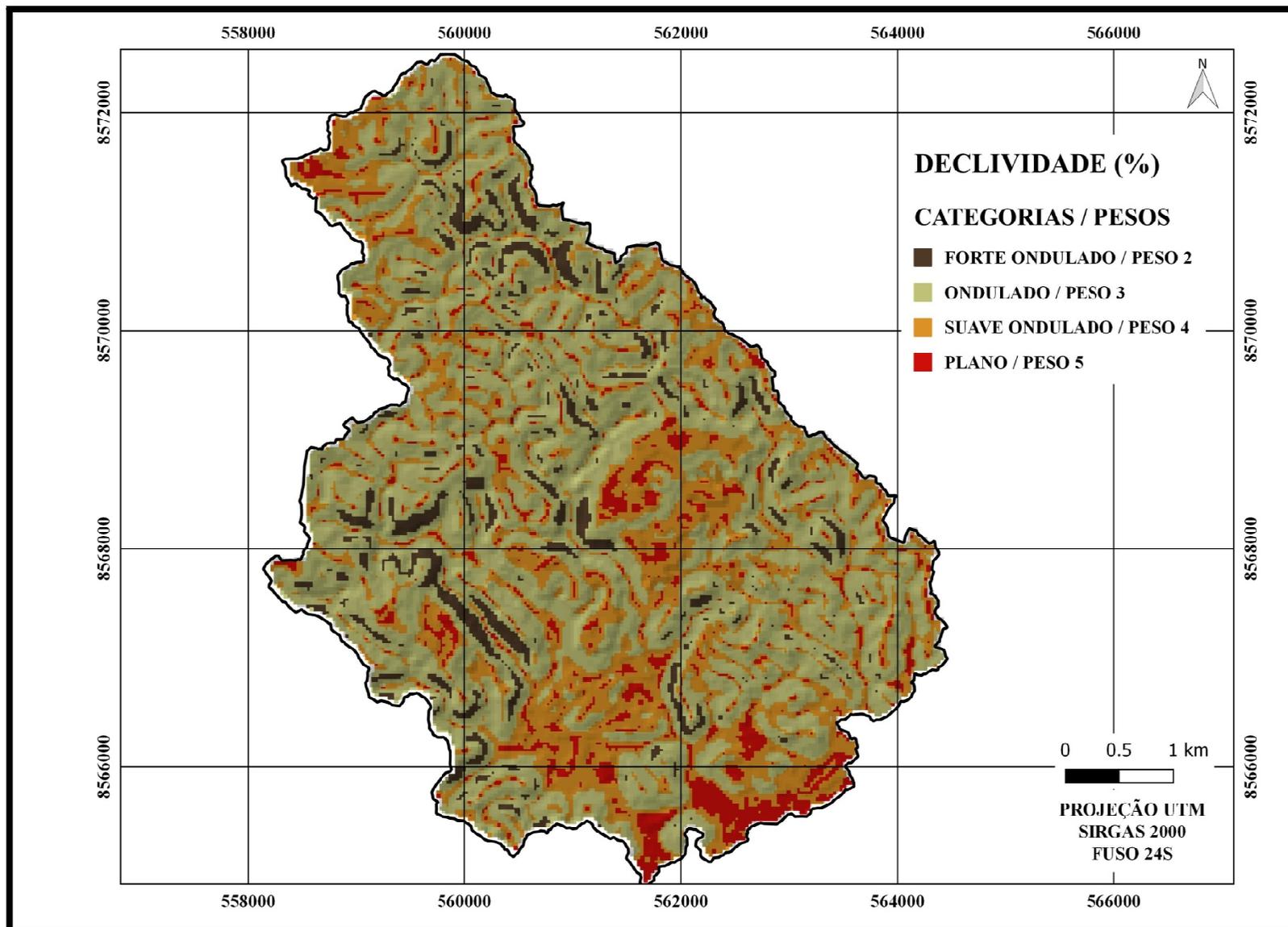
VARIÁVEL	TIPOS		PESO
	CATEGORIAS	Faixa de Declividade (%)	
DECLIVIDADE	PLANO	0 a 3	5
	SUAVE ONDULADO	3 a 8	4
	ONDULADO	8 a 20	3
	FORTE ONDULADO	20 a 33	2

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Após o raster com declividade ser gerado, torna-se necessário aplicar as regras anteriormente elaboradas, o Mapa 23 apresenta o raster reclassificado, com as regras aplicadas, mas ainda com a renderização banda simples cinza. Observar que os limites máximo e mínimo mudaram para 2 e 5. O Mapa 24 apresenta a Declividade com renderização banda falsa cor.



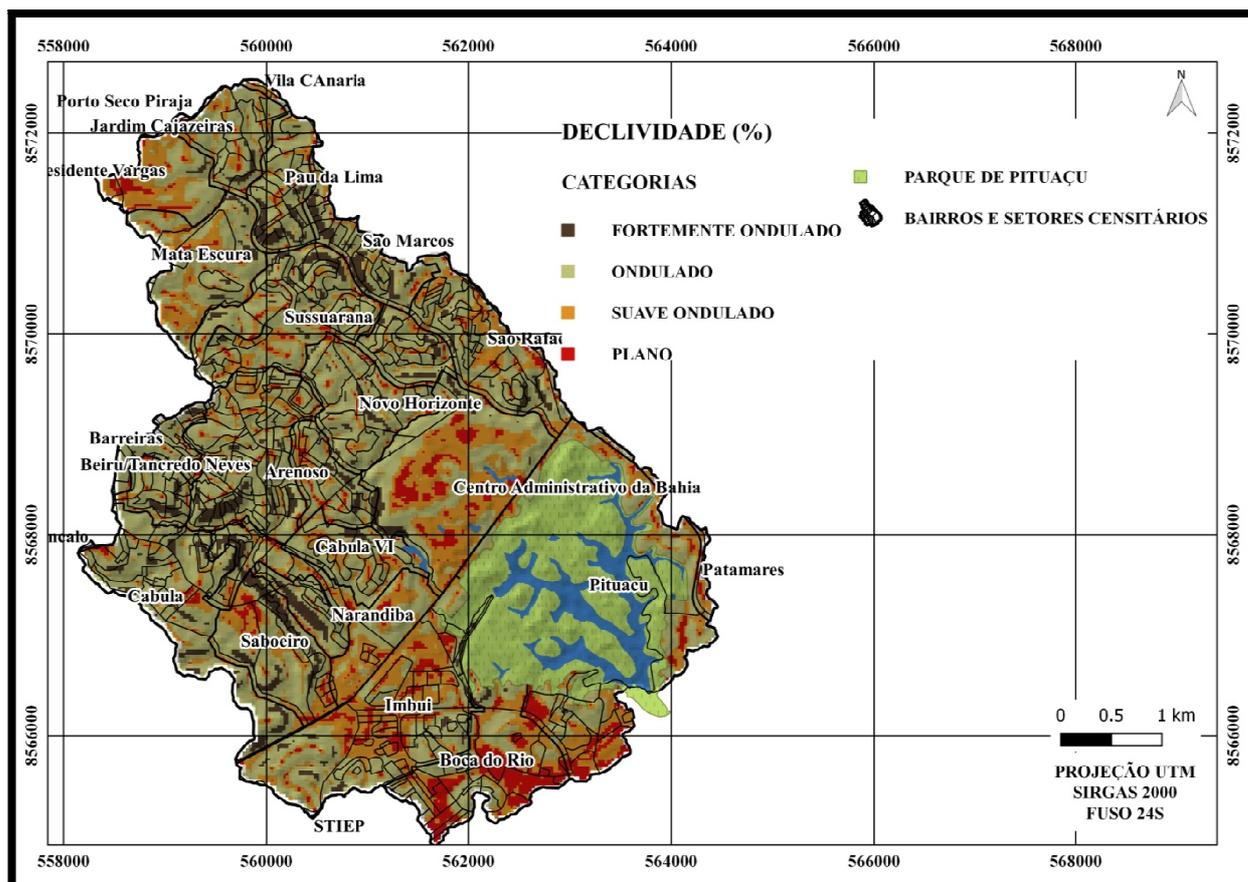
Mapa 23. Raster reclassificado de acordo com as regras estipuladas da área de estudo
Elaboração: SILVA, C.R.P.



Mapa 24. Declividade da bacia hidrográfica com as classes e Pesos associados
Elaboração: SILVA, C.R.P

Cabe ressaltar que, a categoria Montanhosa, que faz parte da classificação da EMBRAPA e que estaria associada ao peso 1, não ocorre na área de estudo e, portanto, não foi representada.

Para facilitar a análise desta variável e correlacioná-la com os bairros da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituacu, foi elaborado o Mapa 25 e adicionados os shapés do Parque de Pituacu, dos bairros e dos setores censitários.



Mapa 25. As categorias de declividade distribuídas entre os Bairros da Bacia
Elaboração: SILVA, C.R.P.

As informações extraídas da declividade foram resumidas e apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9. As categorias e sua relação com a suscetibilidade a inundações, o peso e suas respectivas áreas em hectares e em porcentagem em relação a área total da bacia

FAIXA de DECLIVIDADE (%)	CATEGORIAS	PESO	ÁREA (%)
0 a 3	PLANO	5	9
3 a 8	SUAVE ONDULADO	4	31
8 a 20	ONDULADO	3	52
20 a 33	FORTE ONDULADO	2	8
TOTAL			100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Os dados permitiram inferir que mais de 80 % da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu possui declividade classificada entre Suave Ondulada e Ondulada, que corresponde às declividades entre 3 e 20% ; quanto às áreas planas (declividade entre 0 e 3%), elas ocupam apenas 9 % da área da bacia. Estas são as áreas de maior suscetibilidade a inundações com relação a esta variável; a maior parte destas áreas aplainadas se encontra na parte baixa da bacia, perto da foz do Rio das Pedras, nos Bairros do Imbuí, Pituaçu e Boca do Rio; porém, há áreas planas importantes na região central da bacia, onde se localiza o CAB, também o Cabula, Narandiba e o Cabula VI e também outra área plana, de menor expressão, na parte alta, onde se localizam os Bairros de Granjas Rurais Presidente Vargas, Jardim Cajazeiras e Porto Seco Pirajá. As áreas fortemente onduladas são de menor expressão e ocupam apenas 8% da área da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu e estão todas na parte alta e intermediária da bacia, sendo mais proeminente nos Bairros de Tancredo Neves, Arenoso, Cabula VI, Sussuarana, Novo Horizonte, São Marcos, Pau da Lima, Narandiba e Engomadeira.

Mapa de Hipsometria.

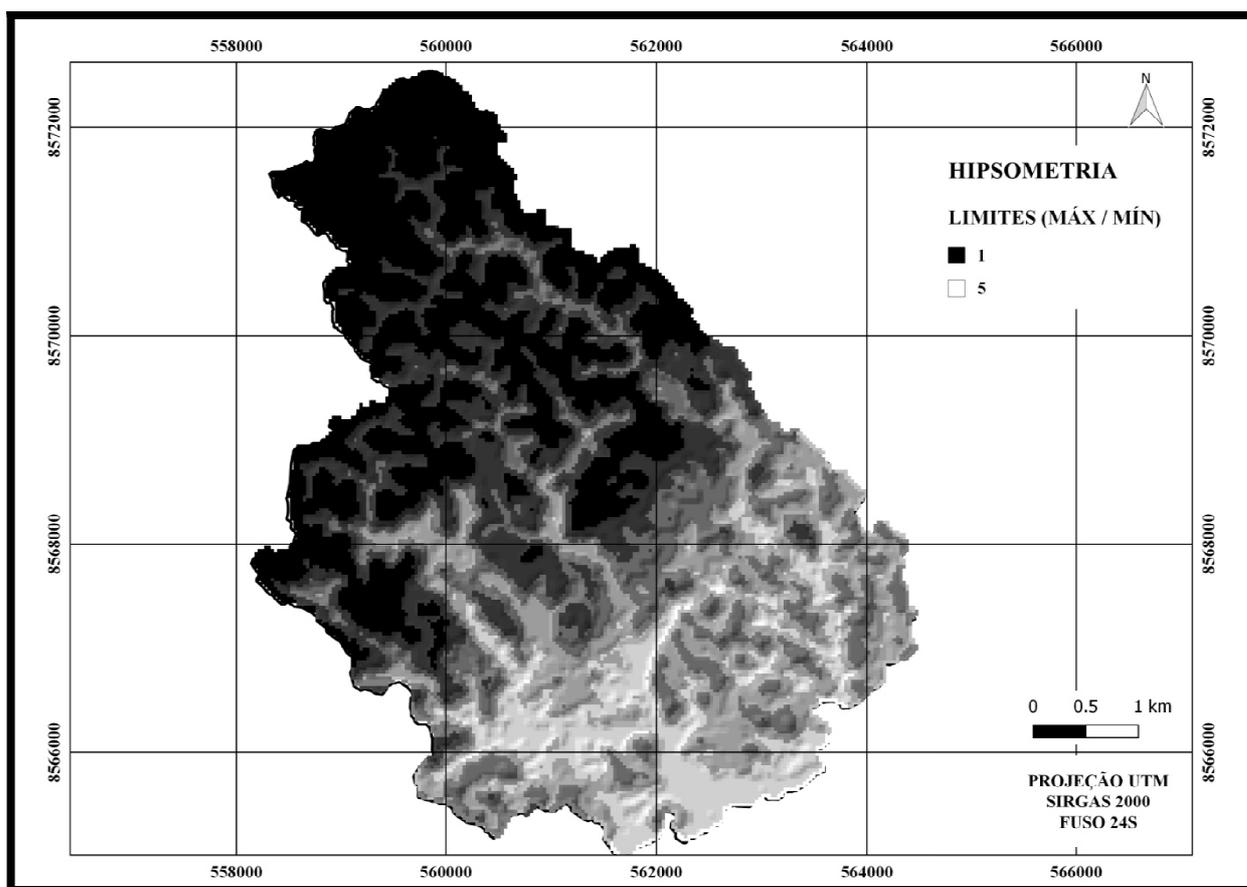
Hipsometria é uma técnica de representação do relevo por meio de cores. Esta variável contribui fortemente para o entendimento da dinâmica fluvial e pluvial da região. A hipsometria foi obtida por procedimentos no QGIS, a partir do MDE preparado na etapa anterior, já com recorte para a Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. No caso deste trabalho, as áreas de menor altitude terão maior importância no fenômeno de inundação por serem mais propensas a receber as águas das áreas mais elevadas e, assim acumularem ou escoá-las com mais lentidão e, portanto, receberão pesos maiores. O Quadro 10 apresenta as categorias definidas para esta variável, as altitudes respectivas e o peso adotado.

Quadro 10. Categorias de altitude e seus respectivos pesos

VARIÁVEL	CATEGORIAS	Altitude (m)	PESO
HIPSOMETRIA	MUITO BAIXA	4 a 15	5
	BAIXA	15 a 30	4
	INTERMEDIÁRIA	30 a 45	3
	ALTA	45 a 60	2
	MUITO ALTA	> 60	1

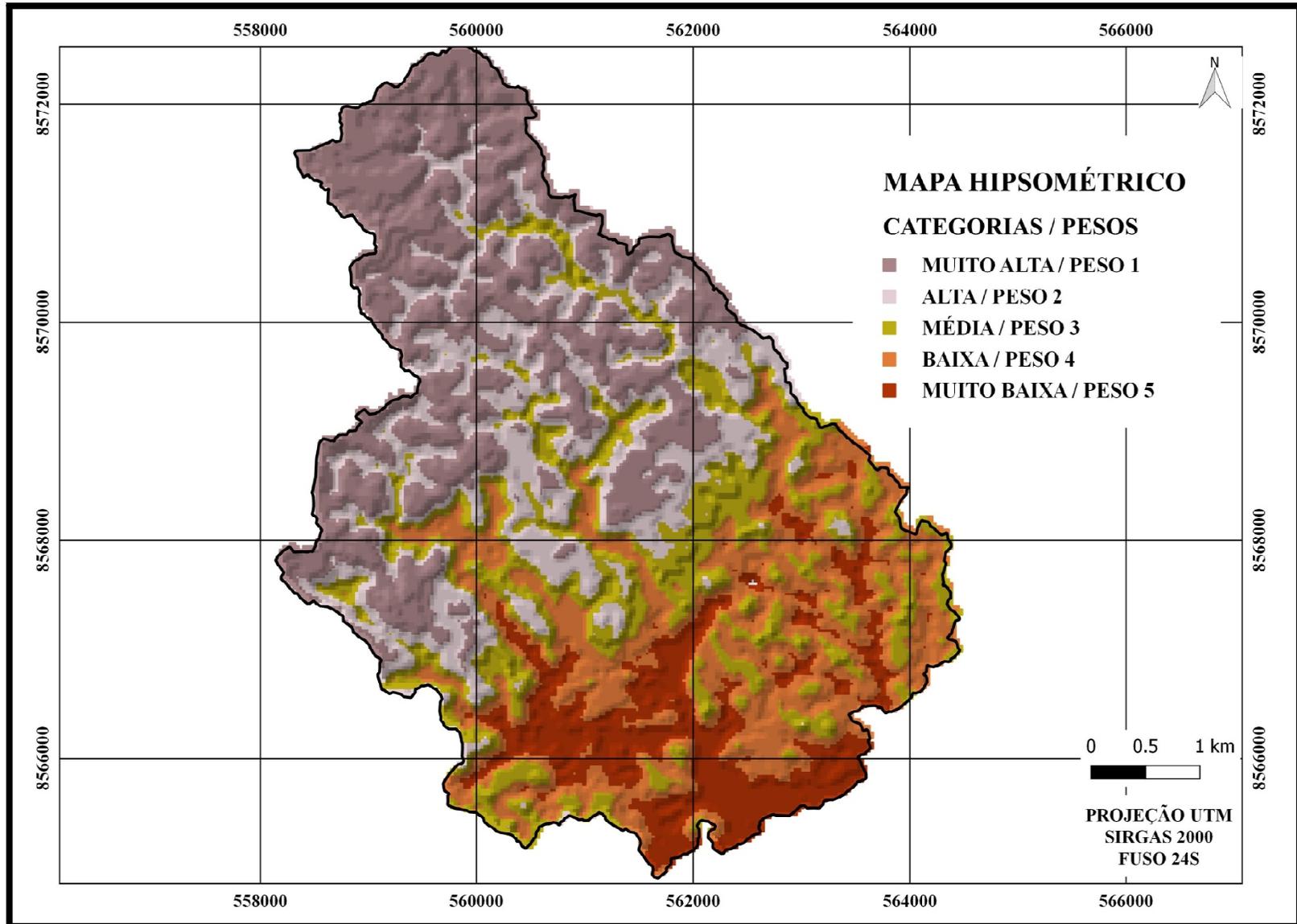
Elaboração: SILVA, C.R.P.

O fatiamento da imagem em classes de altitude de 15 em 15 metros permitiu gerar uma imagem representativa do relevo da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. O Mapa 26 apresenta o mapa hipsométrico reclassificado, em renderização banda simples cinza, considerando as regras estabelecidas em formato “.txt”



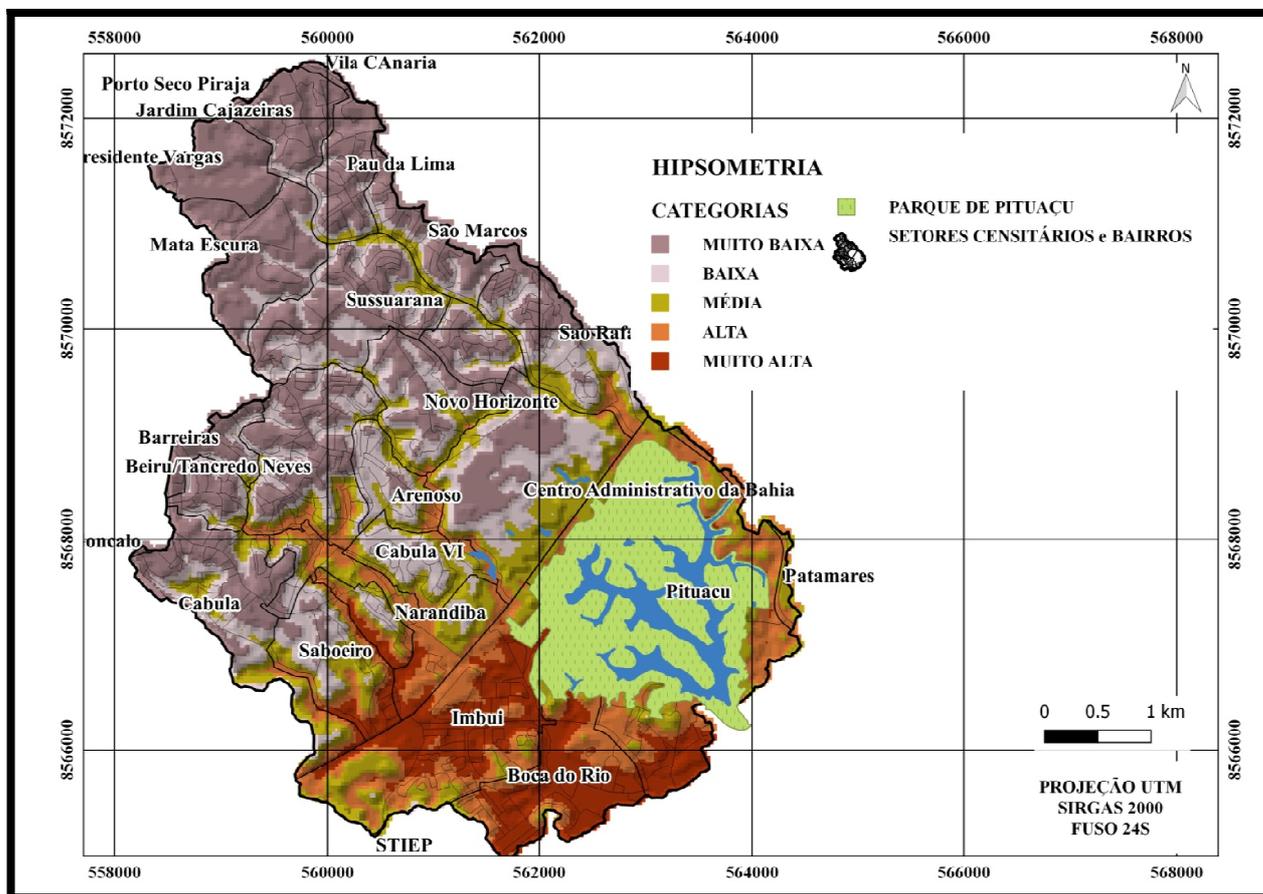
Mapa 26. Hipsométrico reclassificado em banda simples cinza com o limite Max/mín definido.
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: ago. 2016
 Elaboração: SILVA, C.R.P

O Mapa 27 apresenta o mapa hipsométrico com renderização banda simples falsa-cor e com os pesos de 1 a 5 já estabelecidos, associados às respectivas classes de altitude. Deve-se destacar que as cores do mapa hipsométrico fugiram ao padrão utilizado em mapas deste tipo por conta de manter a lógica adotada em todos os mapas anteriores: Cores quentes para as áreas de maior suscetibilidade a inundações. Deve-se salientar também que as categorias de altitude arbitradas são especificamente relacionadas à área de estudo. A faixa de altitudes por exemplo, superior a 60 metros só pode ser entendida como Muito Alta, no contexto da bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu, em que o máximo encontrado foi de 106 metros. Obviamente, em um contexto estadual, a faixa entre 60 e 106 metros, poderia ser enquadrada até como baixa ou média altitude dependendo da região considerada.



Mapa 27. Hipsometria da bacia hidrográfica com as categorias e as respectivas faixas de altitudes na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Para facilitar a análise desta variável e correlacioná-la com os bairros da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, foi elaborado o Mapa 28; também foram adicionados os shapes do Parque de Pituaçu, setores censitários e os bairros inseridos na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.



Mapa 28. As categorias hipsométricas distribuídas entre os Bairros e os setores censitários da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Além disso, as informações extraídas da declividade foram resumidas e apresentadas no Quadro 11.

Quadro 11. As categorias e sua relação com as altitudes, com os pesos e suas respectivas áreas em relação a área total da bacia

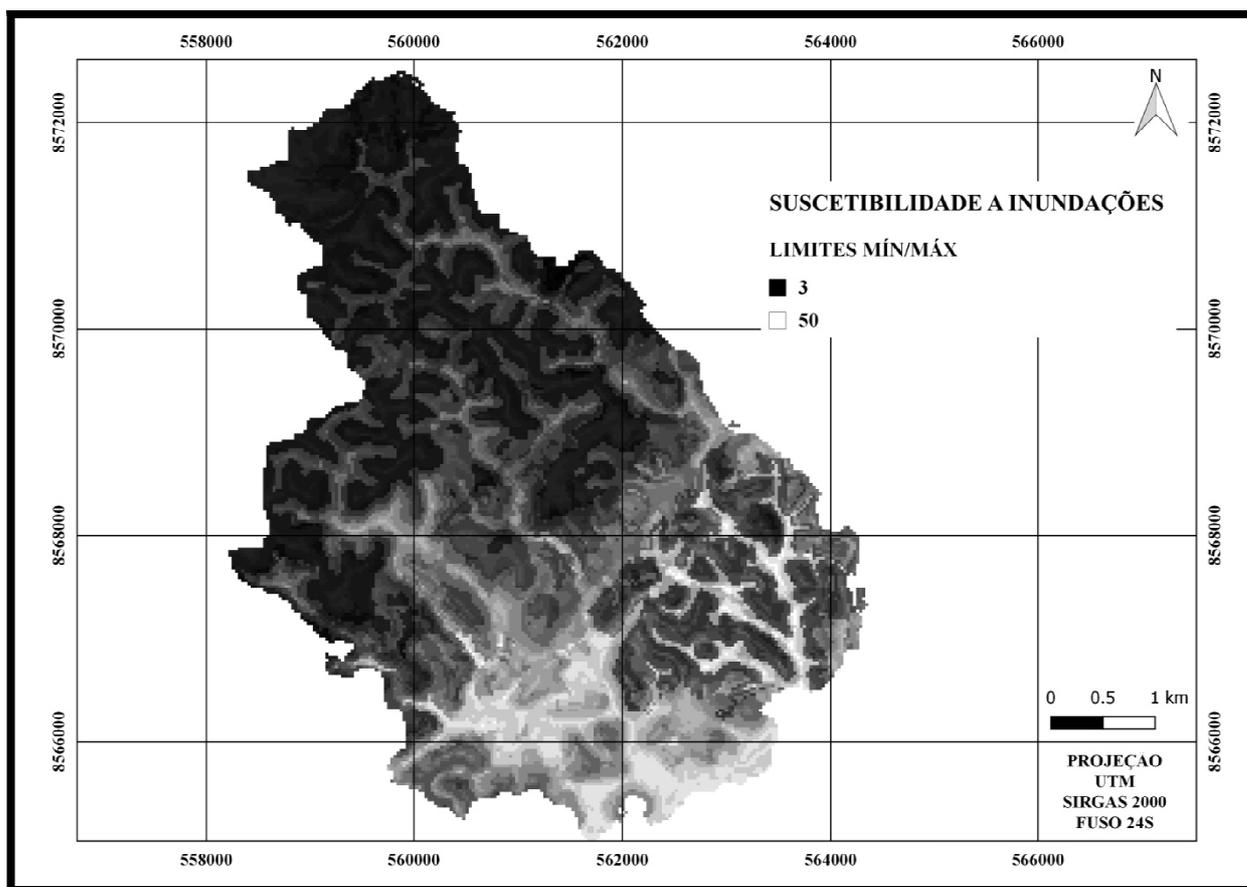
HIPSOMETRIA (m)	CATEGORIAS	PESO	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
4 a 15	MUITO BAIXA	5	7,9	29
15 a 30	BAIXA	4	5,2	19
30 a 45	MÉDIA	3	5,2	19
45 a 60	ALTA	2	5,5	20
> 60	MUITO ALTA	1	3,6	13
TOTAL	-	-	27,4	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Da hipsometria, percebe-se claramente que a bacia se divide quase meio a meio com relação às classes de altitude; 38% da bacia possui altitudes até 30 metros; 39% da bacia apresenta altitude entre 30 e 60 metros; apenas 13% da bacia exhibe relevo acima de 60 metros. Os bairros de Engomadeira e Tancredos Neves e o CAB são os limites entre estas classes, separando as regiões de relevo alto a muito alto daqueles baixo e muito baixo. As regiões com relevo baixo a muito baixo, as mais suscetíveis a inundações, estão localizadas em pelo menos parte dos bairros de Tancredo Neves/Beiru, São Rafael, Engomadeira, Narandiba, Imbuí, Boca do Rio e Patamares; o predomínio das cores vermelho, laranja e amarelo demonstra este fato. Na parte NW da bacia, como é o local das nascentes e de relevo mais elevado, está representada em maior parte pela cor verde em tons claro e escuro. Há de se notar porém que, mesmo na parte NW nos bairros de São Marcos e Jardim Cajazeiras, existem áreas de cor amarelo acinzentado, que representam áreas mais aplainadas, possivelmente resultado do dissecamento do relevo por parte da rede de drenagem. A hipsometria, então, com relação ao fenômeno da inundação, indica que os bairros do Imbuí, da Boca do Rio e Patamares na parte baixa e os bairros de Tancredo Neves/Beiru, São Rafael, Engomadeira e Narandiba, na parte central da bacia são os locais com as menores altitudes na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu.

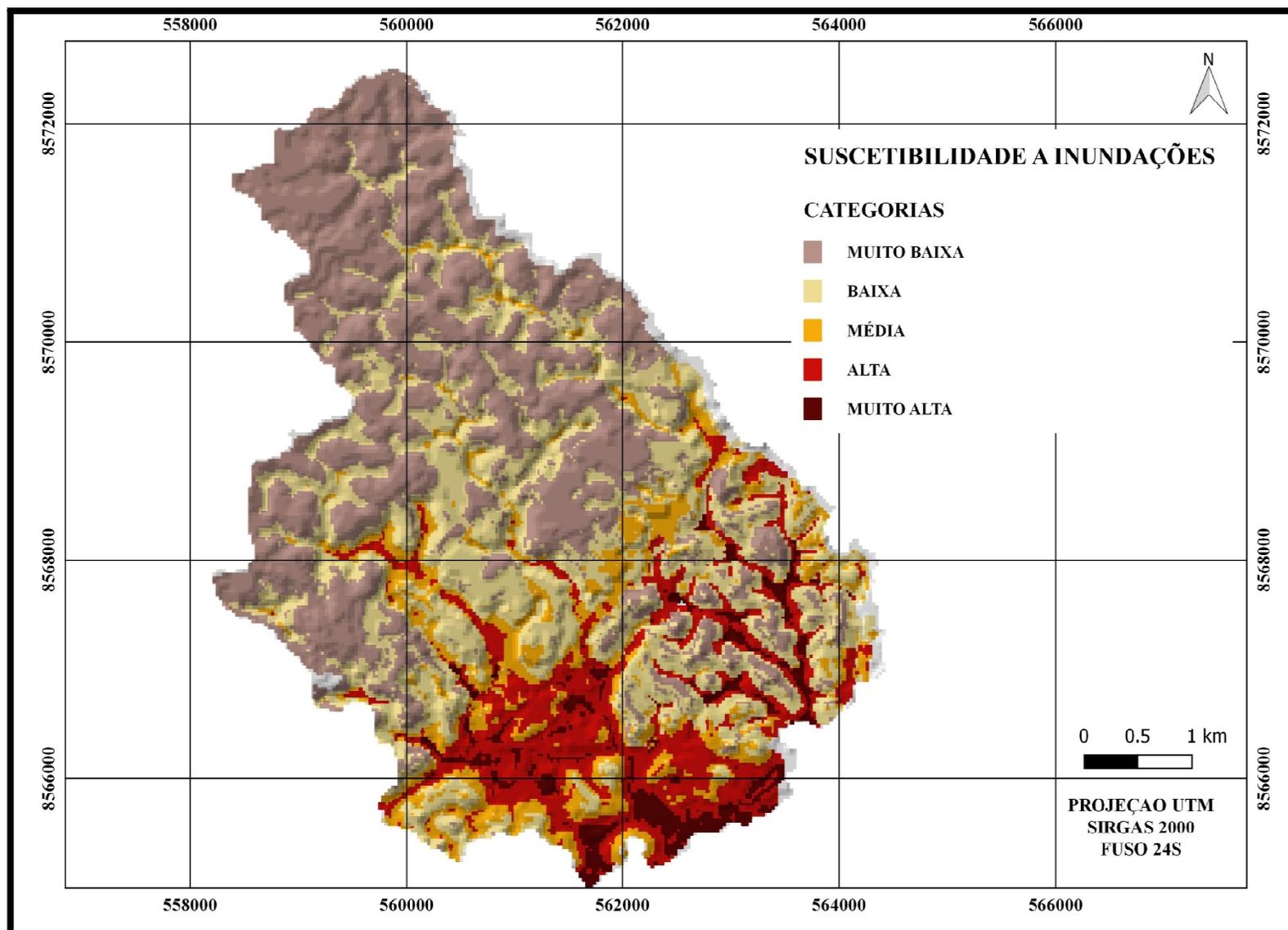
4.1 MAPA DE SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES

Cabe destacar que o Mapa Suscetibilidade a Inundações é um dos produtos gerados por este trabalho, como parte das exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica de Salvador – UCSAL. Com relação aos operadores utilizados no processo de álgebra de mapas com relação a geração do Mapa de Suscetibilidade foram: SOMA e MULTIPLICAÇÃO; a Operação usada foi [(Declividade + Uso, Ocupação & Cobertura do Solo) X Hipsometria]. Esta operação está materializada no Mapa 29. Cabe observar que os limites mínimo e máximo gerados pela álgebra foram 3 e 50 respectivamente.



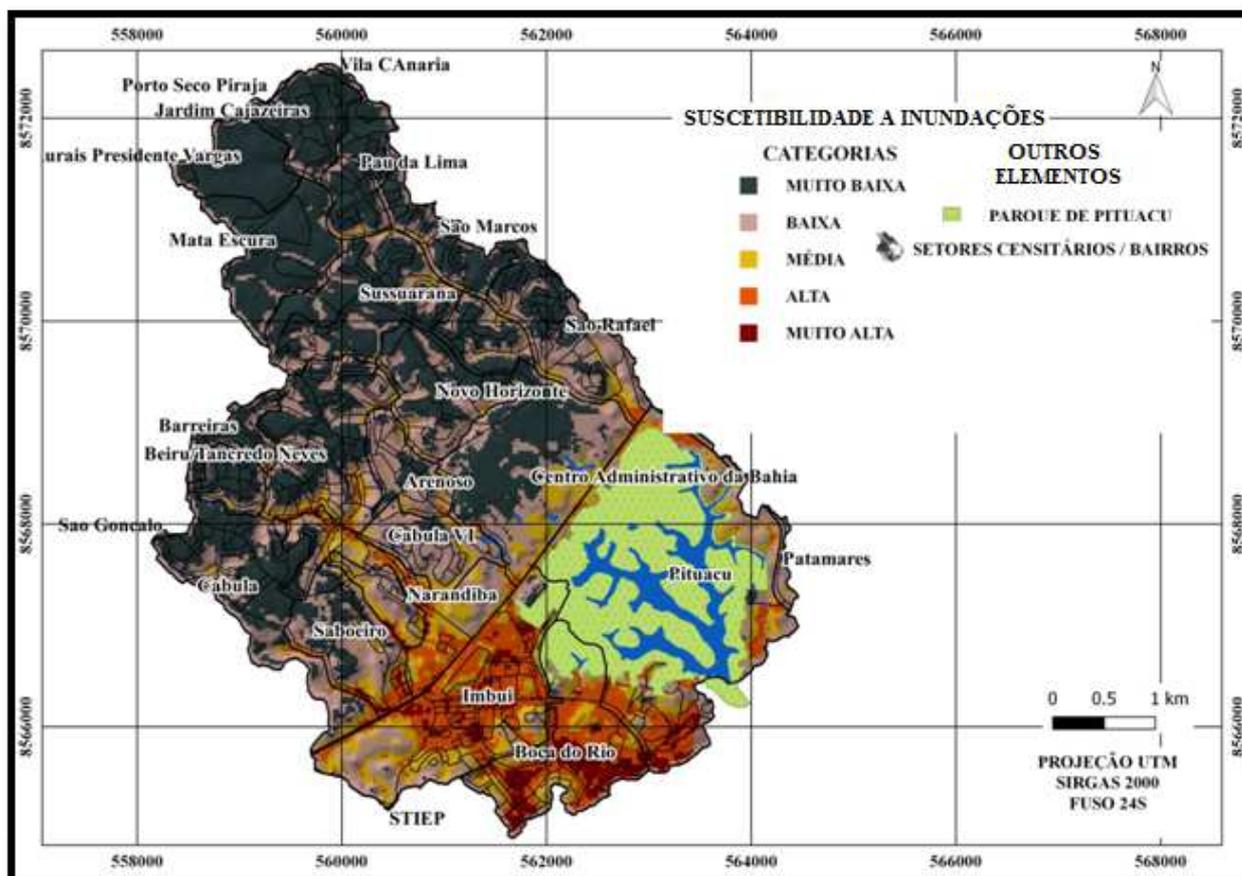
Mapa 29. Suscetibilidade a inundações
Elaboração: SILVA, C.R.P.

O procedimento para associar as categorias geradas com uma rampa de cores e estabelecer as quebras de classes entre os limites já foram detalhados anteriormente, na abordagem metodológica. O Mapa 30 foi o resultante deste processo. Nele está representada as cinco classes de suscetibilidade. Neste mapa, pode-se perceber facilmente que as áreas com suscetibilidade muito alta estão associadas às partes mais planas, na parte baixa da bacia. No entanto, na parte central, existem locais de suscetibilidade média a alta devido ao elevado grau de dissecamento do relevo, em que a drenagem criou fortes incisões na superfície do terreno.



Mapa 30. Mapa de Suscetibilidade a Inundação.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Para facilitar a análise do Mapa de Suscetibilidade a Inundações, o shape em formato raster foi vetorizado para possibilitar o cálculo das áreas de cada classe; também foi incluído o plano de informação: Bairros da Bacia, o Parque de Pituacu e os setores censitários, para ter maiores referências dos locais de maior suscetibilidade na bacia. O Mapa 31 apresenta esta situação.



Mapa 31. Mapa vetorial da Suscetibilidade a Inundações da Bacia do Rio das Pedras/Pituacu
Elaboração: SILVA, C.R.P

O Quadro 12 apresenta a faixa de valores entre as categorias da suscetibilidade a inundações da área e sua relação com os pesos e as áreas em quilômetros quadrados e a sua porcentagem que ocupa na bacia.

Quadro 12. Intervalos de variação, e sua relação com as categorias, com os respectivos pesos e áreas em hectares e em porcentagem em relação a área total da bacia.

FAIXAS	CATEGORIAS	PESO	ÁREA (km ²)	ÁREA (%)
3 a 12,4	MUITO BAIXA	1	10,7	39
12,4 a 21,8	BAIXA	2	9,04	33
21,8 a 31,2	MÉDIA	3	3,01	11
31,2 a 40,6	ALTA	4	3,56	13
40,6 a 50	MUITO ALTA	5	1,09	4
TOTAL			27,4	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Os dados deste Quadro, representados na Figura 42, mostram que as áreas com suscetibilidade Alta a Muito Alta representam apenas 17% da área da bacia. Mais de 80% da área possui suscetibilidade muito baixa até suscetibilidade média aos fenômenos de inundação. Das áreas com suscetibilidade Muito Alta, praticamente todas estão na parte baixa da bacia.

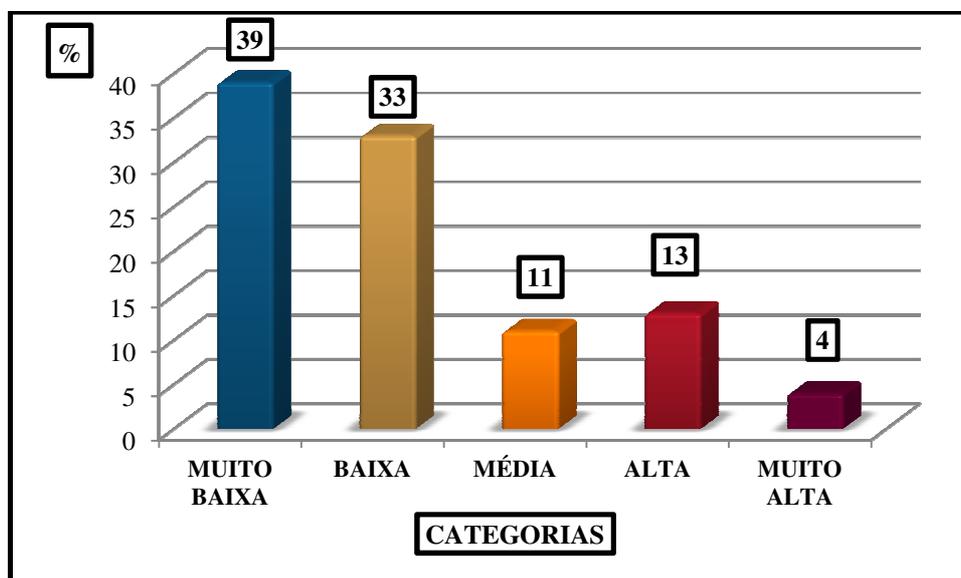
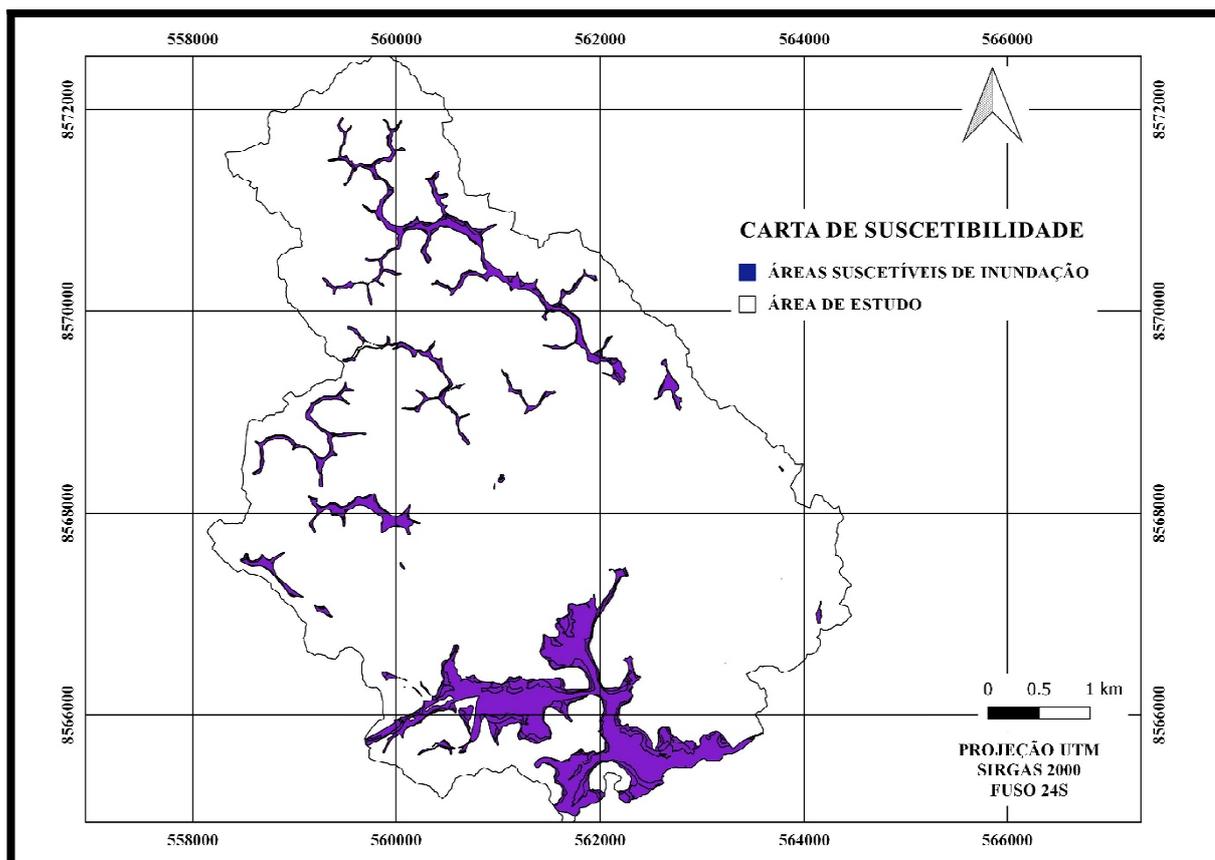


Figura 42. Categorias de Suscetibilidade e sua relação com a área (%) da bacia.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Os bairros que apresentam áreas com suscetibilidade Alta a Muito Alta estão representadas na Figura 43; são eles Beiru/Tancredo Neves; São Rafael; Cabula VI, CAB, Cabula, Narandiba, Saboeiro, Engomadeira, na parte intermediária da bacia; e Imbuí, Boca do Rio e Pituaçu, na parte baixa da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

metodológicas: na Etapa 1 procede-se à identificação da suscetibilidade das bacias a partir de índices morfométricos; na etapa 2 procedeu-se à espacialização dos graus de suscetibilidade, a partir da aplicação de um modelo denominado HAND (*Height Above Nearest Drainage*); na Etapa 3 fez-se o cruzamento com a suscetibilidade morfométrica e o recorte nas áreas de planície. O produto deste trabalho, relacionado apenas às inundações e recortado para a bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu está apresentado no Mapa 32.



Mapa 32. Carta de Inundação elaborada pela CPRM (2013)

Fonte: BRASIL, 2013.

Adaptação: SILVA, C.R.P

Este Mapa mostra uma grande área com suscetibilidade na parte baixa da bacia e também, áreas relacionadas com os vales fluviais resultantes da forte dissecação do terreno. O Rio Pituaçu, no canto superior direito do mapa reflete bem esse comportamento. Nota-se, neste produto, que as áreas suscetíveis a inundações não estão hierarquizadas com relação ao grau de suscetibilidade.

Para efeito de comparação entre estes mapas de suscetibilidade, os dois produtos serão emparelhados. A Figura 44 apresenta este emparelhamento. O produto da CPRM continuou representado por zonas de cor violeta. Cabe notar a semelhança entre os dois produtos, principalmente nas categorias Alta e Muito Alta de suscetibilidade. Então, pode-se inferir que o

mapa de suscetibilidade desta dissertação está razoavelmente concordante com o trabalho realizado por este órgão federal, refletindo as condições potenciais de geração de inundações na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

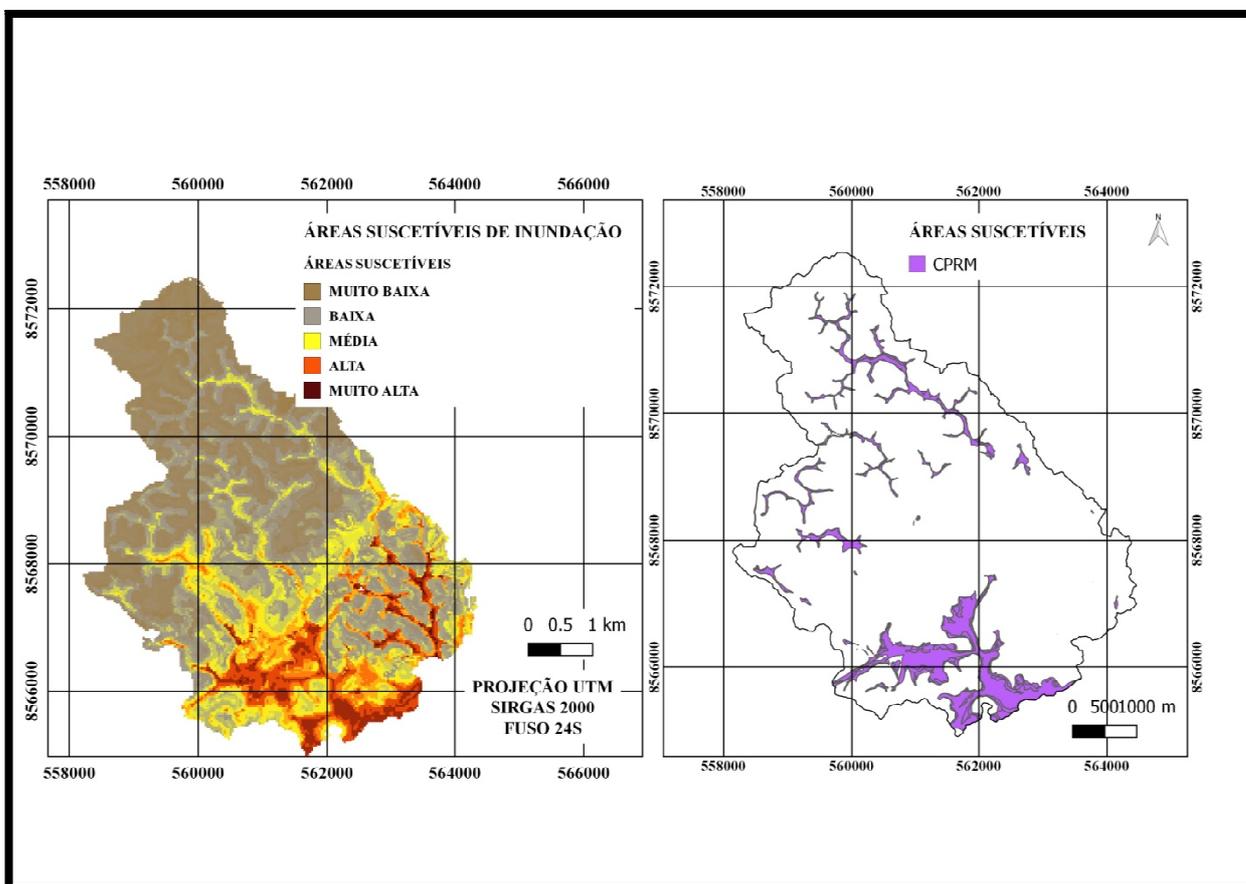


Figura 44. Comparação entre a carta de suscetibilidade elaborada pela CPRM e o presente trabalho
Elaboração: SILVA, C.R.P

Assim, após esta validação, este Mapa Síntese ficou apto para compor a operação algébrica que elaborou o Mapa de Riscos de Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Mapa de Vulnerabilidade Social

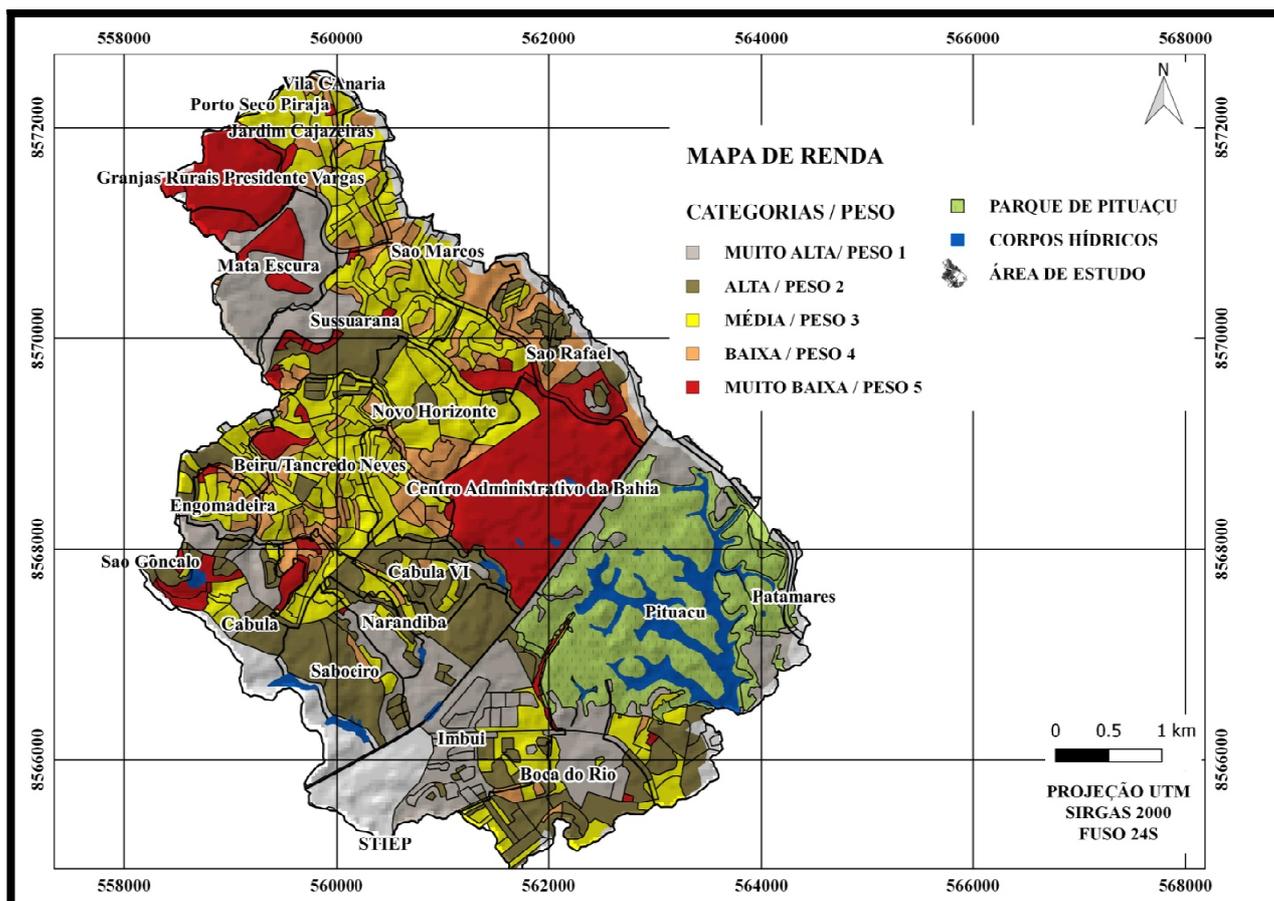
As dimensões da vulnerabilidade social mais importantes são: **habitat** (condições habitacionais e ambientais, tipo de moradia, saneamento, infraestrutura urbana, equipamentos, riscos de origem ambiental); **capital humano** (escolaridade, alfabetização, assistência escolar, saúde, desnutrição, ausência de capacidade, experiência de trabalho); **econômica** (inserção de trabalho e renda); de **proteção social** (cotização a sistema de aposentadoria, cobertura de seguros sociais e outros) e de **capital social** (participação política, associativismo, inserção em redes de apoio). Em suma, a pobreza é a causa e a consequência da vulnerabilidade (BUSO, 2002 *apud* SAITO, 2013).

Destas dimensões, três foram utilizadas para caracterizar a vulnerabilidade social na bacia do Rio das Pedras/Pituaçu: **Tipo de Moradia**, representando todas as condições habitacionais; a **Renda**, representando todas as condições econômicas e **Densidade Demográfica**, embora não esteja representando nenhuma dimensão de vulnerabilidade, quanto maior número de pessoas expostas maior o grau de perdas sociais e econômicas. Os critérios para avaliação da vulnerabilidade social foram escolhidos com o objetivo abarcar as fragilidades de diversas categorias, inspirando-se no trabalho de Almeida (2014). As variáveis socioeconômicas Renda e a Densidade Demográfica foram caracterizadas em 5 classes e a variável Padrão de Moradia em duas classes apenas. Para identificar as classes e seus intervalos de classe de vulnerabilidade dentro da bacia hidrográfica, foi utilizado o QGIS 2.14.14.

A seguir, serão apresentados todos os produtos gerados das variáveis que compuseram o Mapa de Vulnerabilidade Social e que foram descritos no Capítulo da Abordagem Metodológica, na etapa de preparação dos mapas temáticos e dos mapas síntese: são os seguintes os mapas temáticos: Renda, Tipos de Moradia e Densidade Demográfica.

Mapa de Renda.

Alguns autores denominam esta variável como “status social” porque também se considera, mesmo de forma indireta, o poder político, a capacidade de influenciar a opinião pública e impor suas aspirações com relação à sociedade. Este parâmetro, essencialmente mede a habilidade de um determinado grupo social em absorver perdas; está diretamente ligada à resiliência quanto às perdas econômicas. O Mapa 33 apresenta o shape em formato vetorial da distribuição espacial da renda média em salários-mínimos da renda bruta apurada. Para facilitar a análise, foi incluído os shapes do Parque de Pituaçu, os setores censitários e os bairros da bacia hidrográfica.



Mapa 33. Categorias de Renda e sua relação com os setores censitários e bairros da bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu.

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov. 2017.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

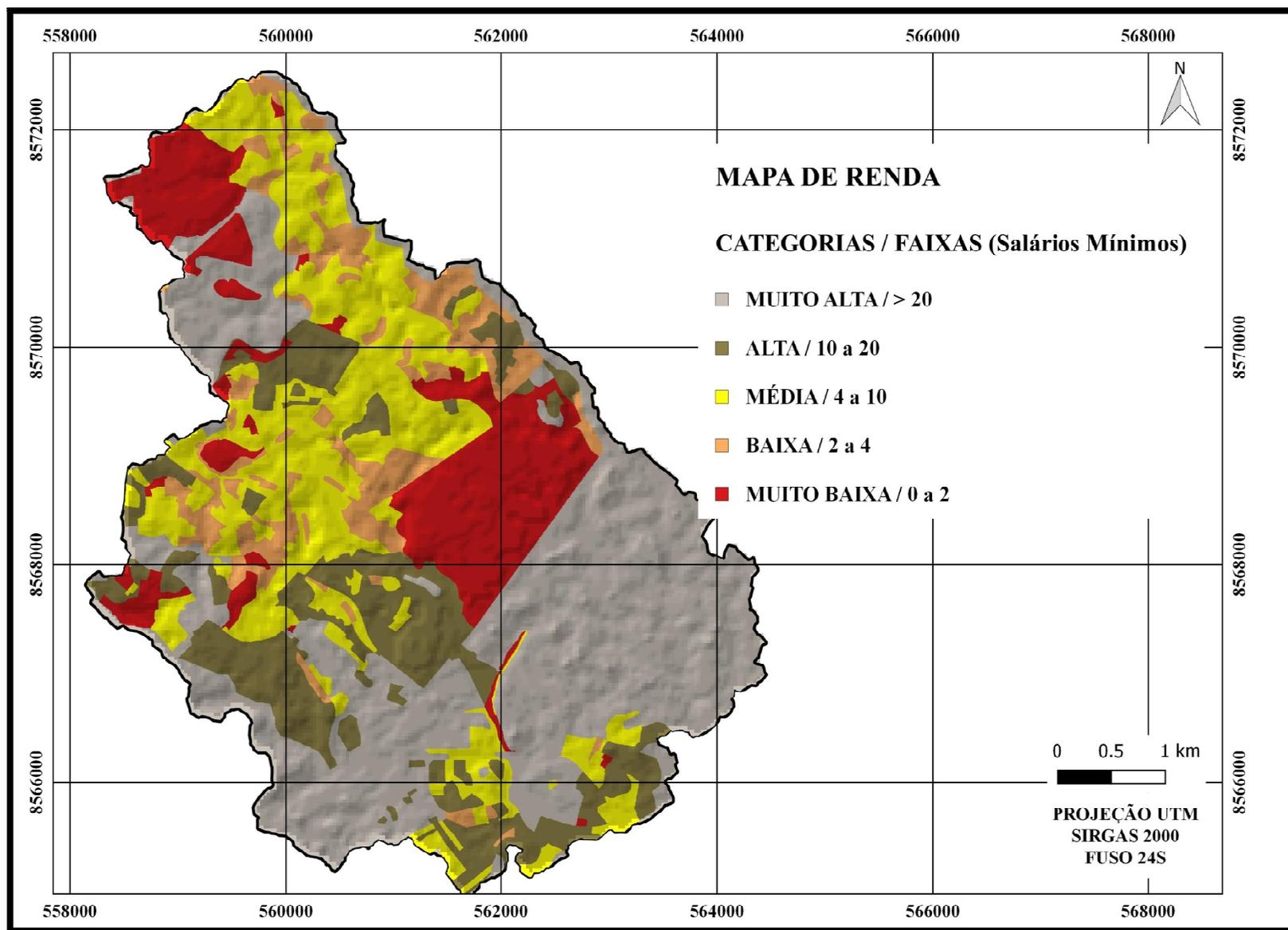
O Quadro 13 apresenta as categorias e as faixas de renda definidas pelo IBGE, com os respectivos pesos arbitrados segundo o critério de quanto maior o peso, menor a a renda do grupo envolvido e maior a sua vulnerabilidade social. Além disso, o quadro mostra o número de setores censitários de cada categoria e a sua porcentagem em relação ao total de setores censitários da bacia.

Quadro 13. Classes e faixas de Renda em Salários mínimos, o número de setores censitários envolvidos, sua porcentagem e seus respectivos Pesos

CATEGORIAS	FAIXAS DE RENDA (SALÁRIOS MÍNIMOS)	PESO	SETORES CENSITÁRIOS	
			Nº	(%)
MUITO BAIXA	0 a 2	5	36	8
BAIXA	2 a 4	4	93	22
MÉDIA	4 a 10	3	184	43
ALTA	10 a 20	2	85	20
MUITO ALTA	> 20	1	32	7
TOTAL	-	-	430	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Pode-se observar que os setores censitários com renda muito baixa e baixa perfazem a quantia de 129 unidades, correspondendo a 30% dos setores e conseqüentemente possuem a maior vulnerabilidade quanto à renda da bacia. Estes setores estão distribuídos pelos seguintes bairros: Granjas Rurais Pr. Vargas, Mata Escura, Sussuarana e Jardim Cajazeiras no alto da bacia; na parte central: São Gonçalo, Cabula, São Rafael e CAB; na parte baixa tem a invasão do Bate-Facho, bairro de Itapoan e Boca do Rio. Há uma área indicando renda muito baixa no Imbuí, mas é um prédio de uso do exército e não há moradores neste local, portanto, ela não será considerada área de vulnerabilidade apesar de estar representada no mapa. Também, é muito pequena a faixa de renda muito alta, equiparando-se em número de setores censitários, à faixa de renda Muito Baixa. Estes 32 setores censitários com renda Muito Alta estão distribuídos entre os bairros de Mata Escura, Sussuarana na parte alta da bacia; Engomadeira, Doron, Cabula, Cabula VI, Narandiba e São Rafael na parte central e Imbuí, Boca do Rio, Pituaçu e Patamares na parte baixa. O Mapa 34 ilustra a variável Renda, após a sua transformação (Rasterização) para o formato raster. Assim, esta variável ficou apta para compor a operação algébrica que elaborou o Mapa de Vulnerabilidade Social.



Mapa 34. Categorias e suas respectivas faixas de variação da Renda
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Mapa Padrão de Moradia.

Deve-se observar que as carências de infraestrutura e habitação são fatores condicionadores de fragilidade e exposição aos perigos naturais. Assim, aglomerações subnormais são moradias construídas com material de baixa qualidade, localizada em áreas inseguras e sem acesso aos serviços básicos de saneamento se configura em situação de risco para a população. De acordo com Almeida (2012), com relação à moradia, dois aspectos são importantes: o padrão de construção e o local onde foi construído; geralmente, a combinação de moradia construída com material inadequado e em locais de risco são comuns.

Esta nomenclatura engloba os diversos tipos de assentamentos irregulares existentes no País, como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, mocambos, palafitas, entre outros. São moradias mais vulneráveis à inundação. Destaca-se, como uma simplificação desta metodologia não serem consideradas, entre as moradias não precárias, os prédios e casas de mais alto padrão, como uma classe separada e menos vulnerável que os condomínios de casas e apartamentos mais populares dentro da bacia hidrográfica. A diferenciação foi apenas entre moradias Precárias e aquelas Não Precárias. Dentre as moradias não precárias, se encontram também os prédios e equipamentos públicos como: Penitenciária Lemos Brito, Hospital Roberto Santos, Centro Administrativo da Bahia, instalações do Batalhão de Caçadores (19 BC) e etc. Entre os equipamentos privados tem-se: UNEB, UCSAL (Campus de Pituáçu), Extra Hipermercado, Faculdades, centros comerciais e etc.

Quanto às aglomerações subnormais, elas estão inseridas em um total de 186 setores censitários, representando 44% das moradias. As moradias não precárias estão inseridas em um total de 241 setores censitários, representando 56% do total. O Quadro 14 apresenta esses dados.

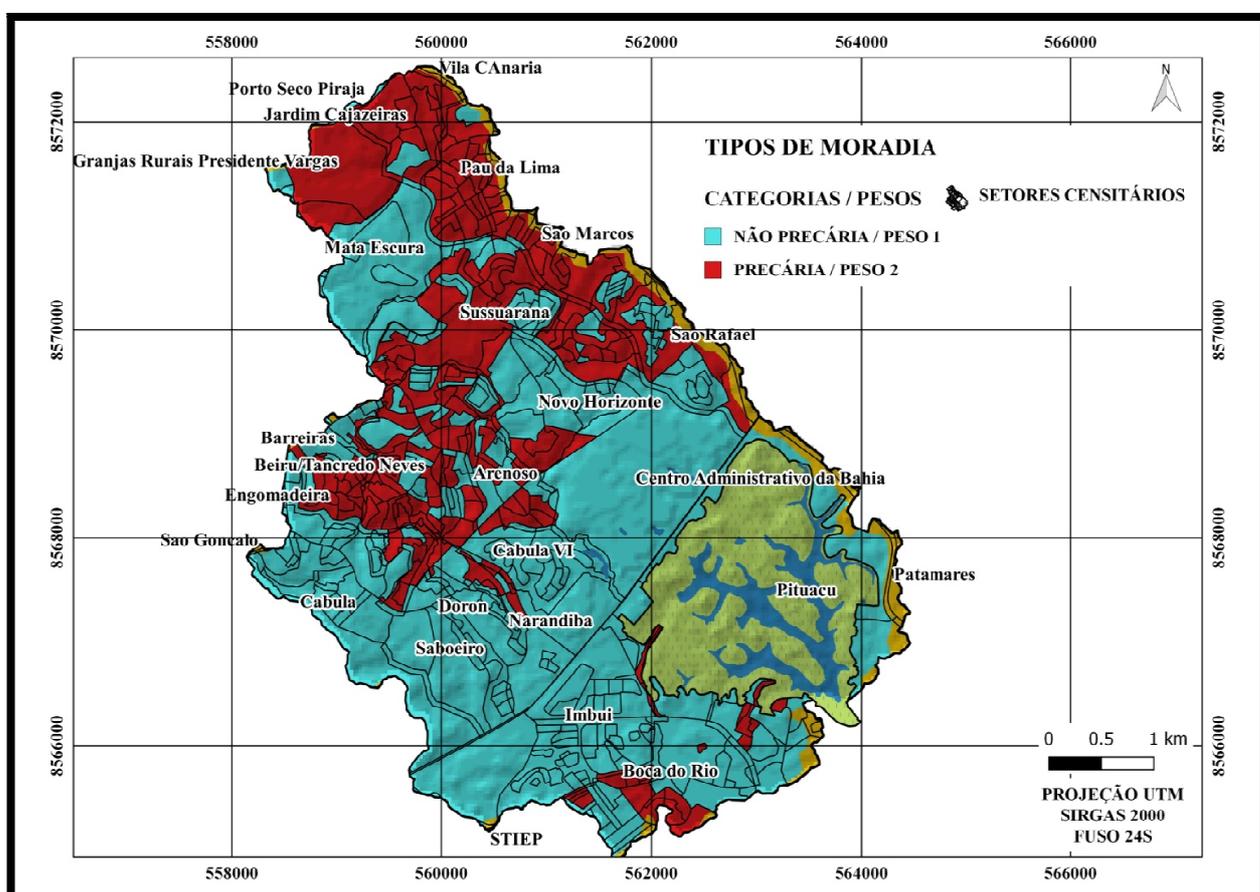
Quadro 14. Padrões de Moradia, seu peso relacionado e os setores censitários Com a área que ocupa na bacia

PADRÃO DE MORADIA	PESO	SETORES CENSITÁRIOS		ÁREA	
		Nº	%	km ²	%
NÃO PRECÁRIA	1	241	56	20,0	73
PRECÁRIA	2	186	44	7,4	27
TOTAL	-	427	100	27,4	100

Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov. 2017.

Elaboração: SILVA, C.R.P.

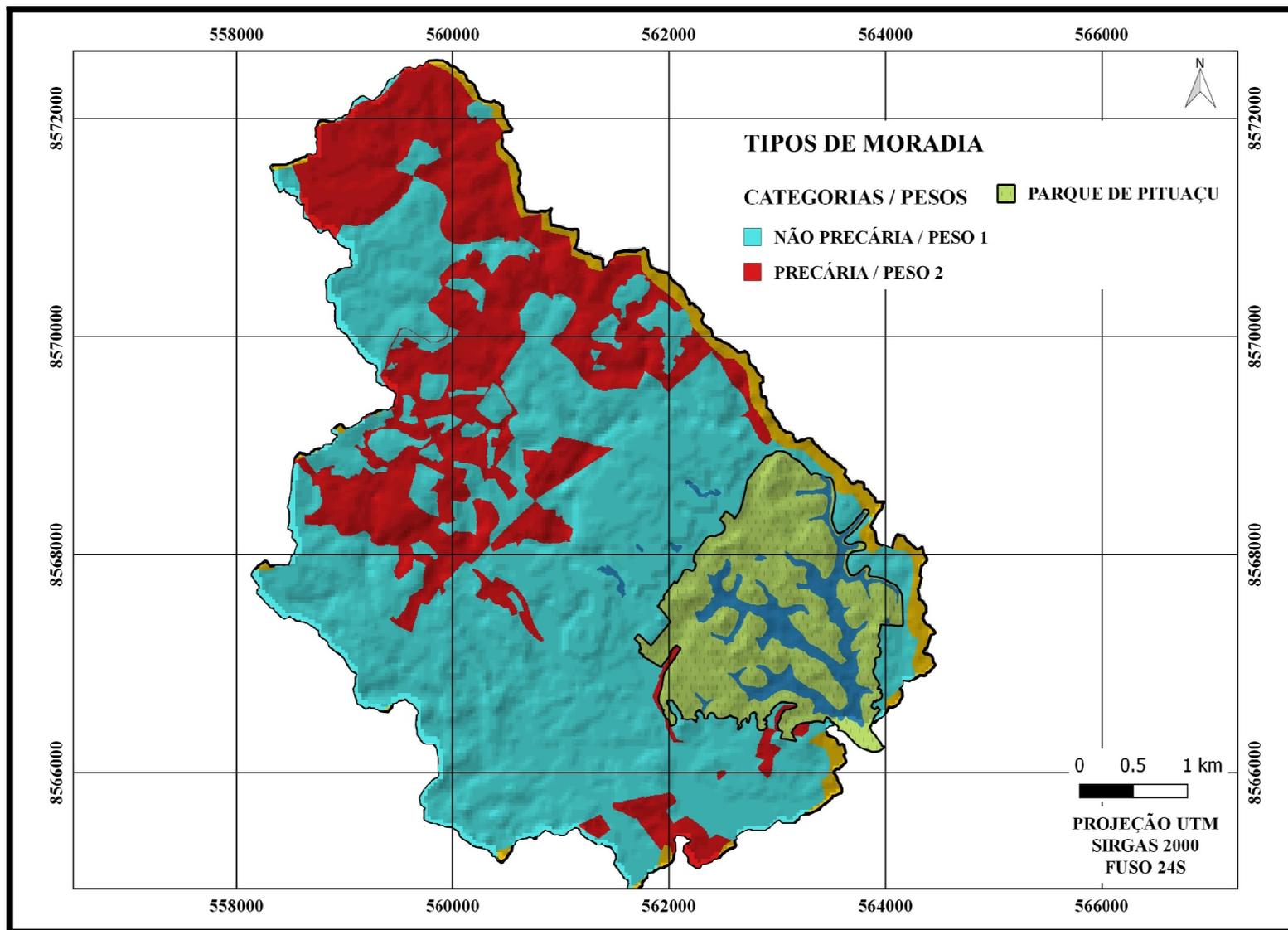
O Mapa 35 apresenta a divisão das moradias na bacia em dois tipos. Cabe destacar que este mapa está em formato vetorial. Para facilitar a análise, foi incluído os shapes do Parque de Pituacu (e vegetação associada na bacia) e os bairros.



Mapa 35. Categorias e seus respectivos pesos da variável Tipo de Moradia na área de estudo.
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov. 2017.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

Observa-se que a maioria absoluta das moradias subnormais se encontra na parte NW (Noroeste) da bacia. Os bairros com maiores quantidades de setores censitários com moradias subnormais são: Granjas Rurais Pr. Vargas, Jardim Cajazeiras, Pau da Lima, São Marcos, Sussuarana, Nova Sussuarana, São Rafael, Barreiras, Tancredo Neves/Beiru, Engomadeira, Arenoso. Na parte SE apenas o bairro da Boca do Rio e a invasão do Bate Facho junto a alguns outros setores censitários no Bairro de Pituacu possuem moradias precárias.

O próximo passo metodológico foi a transformação do formato vetorial para o matricial. O Mapa 36 apresenta a variável Tipo de Moradia convertida para o formato Raster. Assim, esta variável ficou apta para compor a operação algébrica que elaborou o Mapa de Vulnerabilidade Social.



Mapa 36. Categorias e os respectivos pesos da variável Tipo de Moradia
Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov. 2017.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Mapa de Densidade Demográfica.

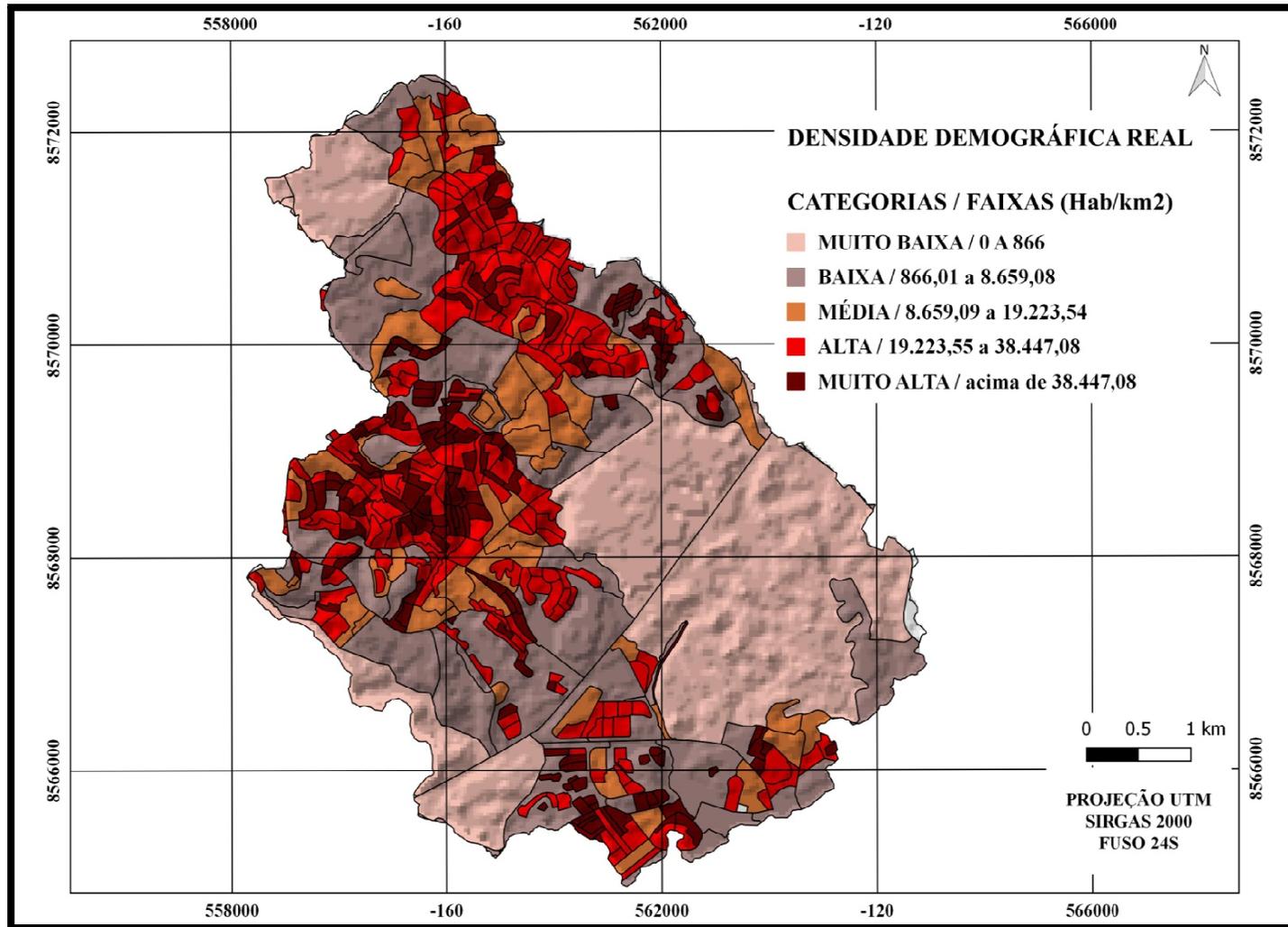
Considerando que o risco obedece à equação Perigo x Vulnerabilidade e que a vulnerabilidade só existe de houver pessoas, então, se não houver seres humanos em determinada área, não há riscos neste local; daí a importância desta variável. Quanto mais pessoas envolvidas, maior o risco. O detalhamento da obtenção dos dados apresentados no Quadro 15 está descrito na metodologia. Este Quadro apresenta, as categorias, as faixas de densidade definidas e os respectivos pesos arbitrados, além dos setores censitários envolvidos e a percentagem em relação ao número total de setores censitários considerados. Adotou-se o critério de quanto maior o peso, maior a densidade demográfica do grupo envolvido e maior a sua vulnerabilidade social.

Quadro 15. Categorias de densidade e sua relação com as faixas, o peso e a área que ocupa.

CATEGORIAS	FAIXAS DE DENSIDADE DEMOGRÁFICA (Hab/km ²)	PESO	SETORES CENSITÁRIOS	
			Nº	(%)
MUITO BAIXA	0 a 866	1	9	2
BAIXA	866,01 a 8.659,08	2	46	10
MÉDIA	8.659,09 a 19.223,54	3	59	13
ALTA	19.223,55 a 38.447,08	4	195	44
MUITO ALTA	> 38.447,09	5	137	31
TOTAL	-	-	446	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

O Mapa 37 apresenta este resultado, observando-se que as densidades demográficas mais altas estão localizadas tanto em áreas mais carentes da bacia, no denominado “miolo” de Salvador, quanto no bairro do Imbuí, em áreas com padrão de vida mais alto.



Mapa 37. Categorias e as faixas arbitradas de Densidade Demográfica na área de estudo.
 Fonte dos dados: BRASIL. Acesso em: nov. 2017.
 Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 45 apresenta a relação da densidade demográfica e os setores censitários, considerando a sua percentagem na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Observa-se que mais de 70% dos setores censitários apresentam densidades demográficas enquadradas nas categorias Alta e Muito Alta.

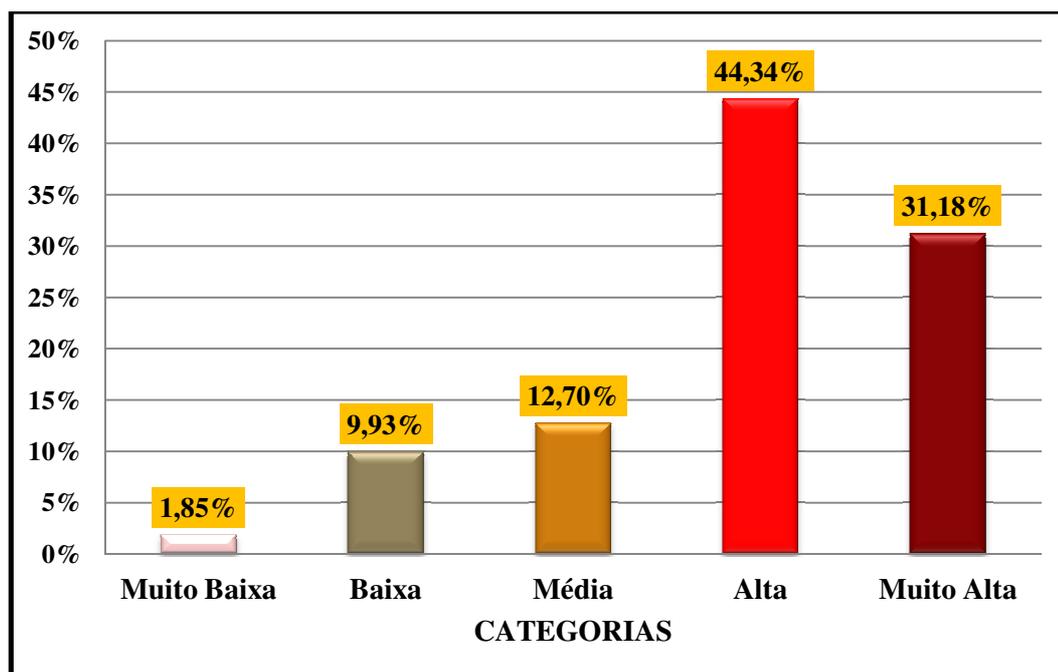
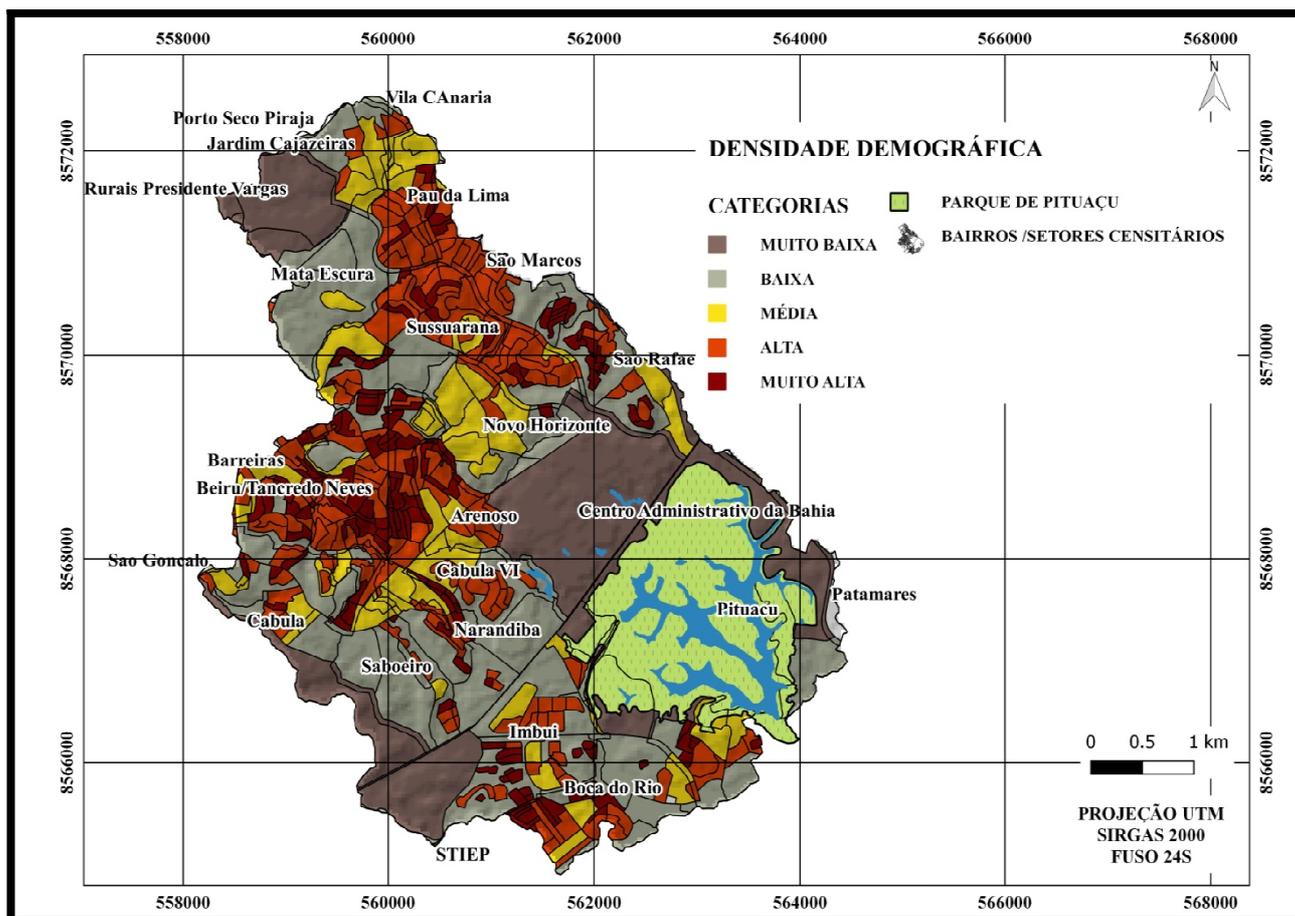


Figura 45. As categorias e seu percentual em relação aos setores censitários dentro da bacia.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Para facilitar a análise, foi incluída no mapa de densidade demográfica o Parque de Pituaçu, os setores censitários e os bairros da bacia hidrográfica. O Mapa 38 apresenta este resultado.



Mapa 38. Os bairros e os Setores Censitários categorizados segundo a densidade demográfica na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu
Elaboração: SILVA, C.R.P.

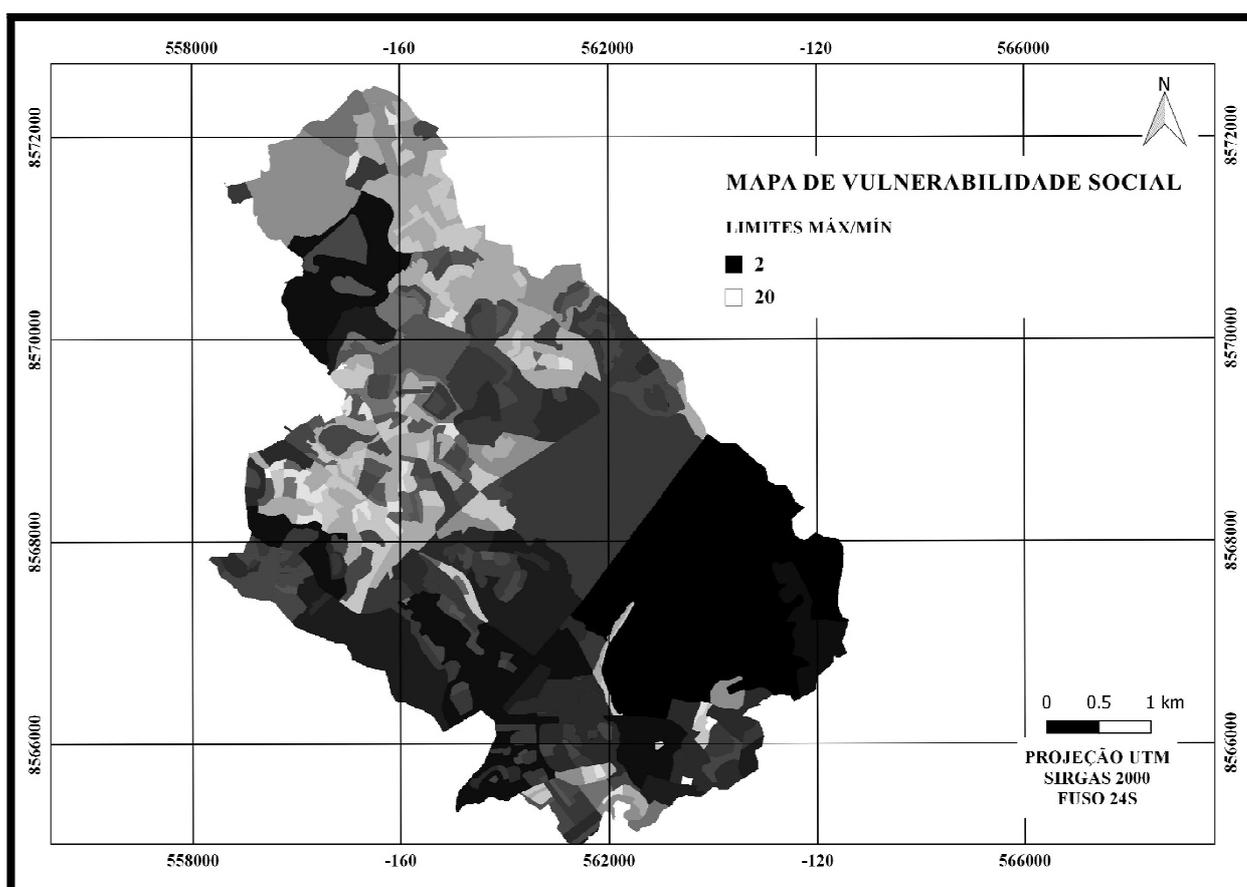
Pode-se observar que são muito poucos os setores censitários com muito baixa a baixa densidade demográfica. Estes vazios de população são justamente áreas públicas como o Parque de Pituaçu e o CAB e as áreas ocupadas pelo exército (19º Batalhão dos Caçadores, na Mata do Cascão e Companhia de Polícia do Exército da 6ª Região Militar no Imbuí).

O que predomina na bacia hidrográfica é a categoria Alta densidade demográfica (44%), principalmente na área do “miolo” de Salvador, nos bairros do Cabula, Tancredo Neves, Pau da Lima, São Marcos e etc. Na parte baixa da bacia também se observa setores censitários com alta e muito alta densidade demográfica, tais como: Imbuí; bairro da Boca do Rio; e no bairro de Pituaçu. Em quase todos estes bairros, altamente adensados, predomina a pobreza. No bairro do Imbuí, também há adensamento populacional, mas, neste local, isto é proveniente da concentração de prédios altos, com a população de mais alta renda da bacia.

O próximo passo metodológico foi a transformação do formato de vetorial para matricial. Assim, esta variável ficou apta para compor a operação algébrica que elaborou o Mapa de Vulnerabilidade Social.

4.2 MAPA DE VULNERABILIDADE SOCIAL

Cabe destacar que o Mapa de Vulnerabilidade Social é um dos produtos gerados por este trabalho, como parte das exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica de Salvador – UCSAL. Com relação ao operador utilizado no processo de álgebra de mapas para a geração deste mapa foi: SOMA e MULTIPLICAÇÃO a Operação usada foi $[(REND + DENSIDADE DEMOGRÁFICA) \times (TIPO DE MORADIA)]$. Esta operação está materializada no Mapa 39.



Mapa 39. Mapa de Vulnerabilidade Social em banda simples e com os limites encontrados na área de estudo
Elaboração: SILVA, C.R.P.

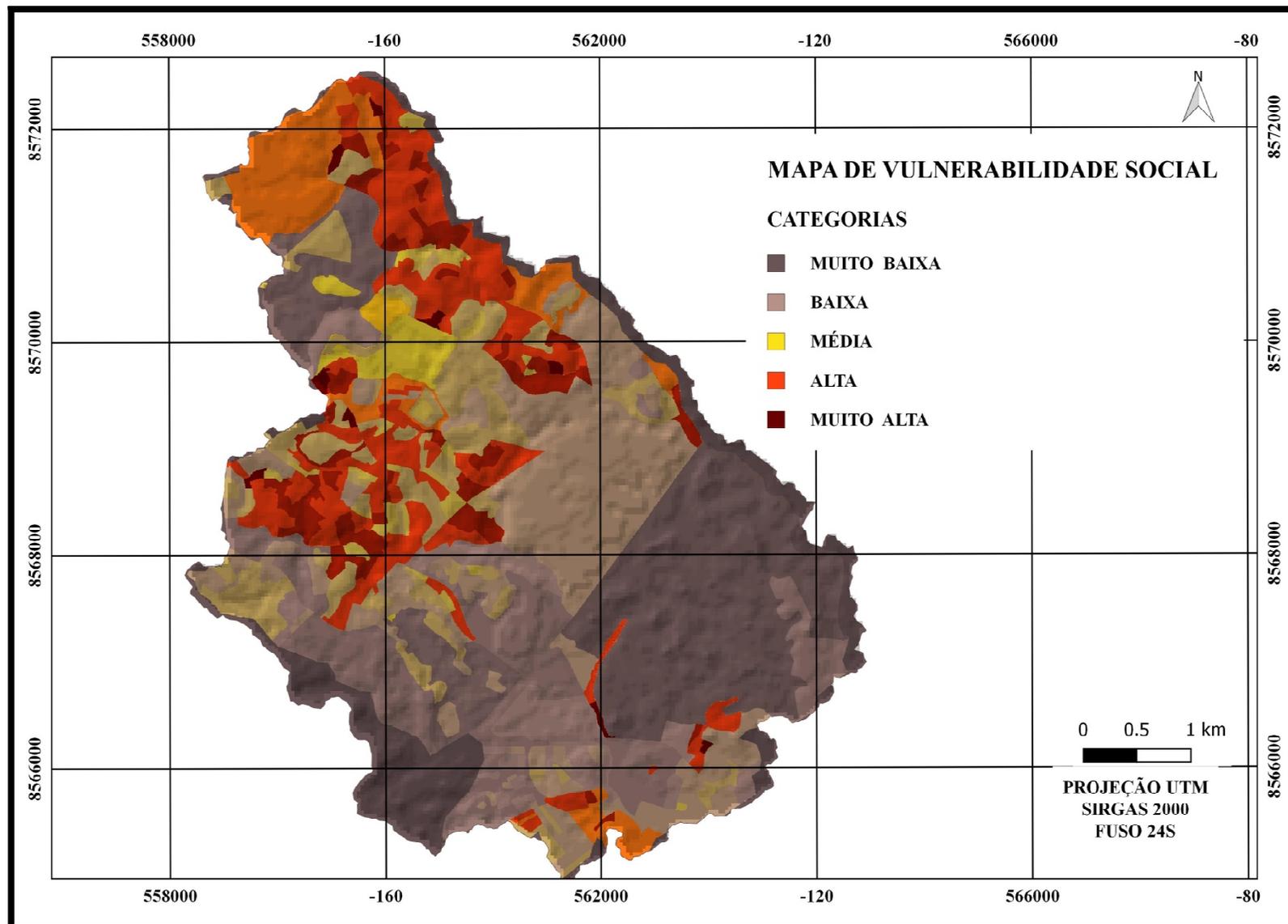
Observam-se que foram geradas 18 classes (2 a 20) na soma e multiplicação algébrica adotada. Estas classes foram reduzidas para 5, de acordo com o descrito no Capítulo 2, da abordagem metodológica. O Quadro 16 apresenta as categorias, os intervalos e os pesos respectivos.

Quadro 16. Classes e intervalos de classe definidos e sua relação com a Vulnerabilidade Social

	CATEGORIAS	INTERVALOS	PESO
VULNERABILIDADE SOCIAL	MUITO BAIXO	2 – 5,6	1
	BAIXO	5,6 – 9,2	2
	MÉDIO	9,2 – 12,8	3
	ALTO	12,8 – 16,4	4
	MUITO ALTO	16,4 - 20	5

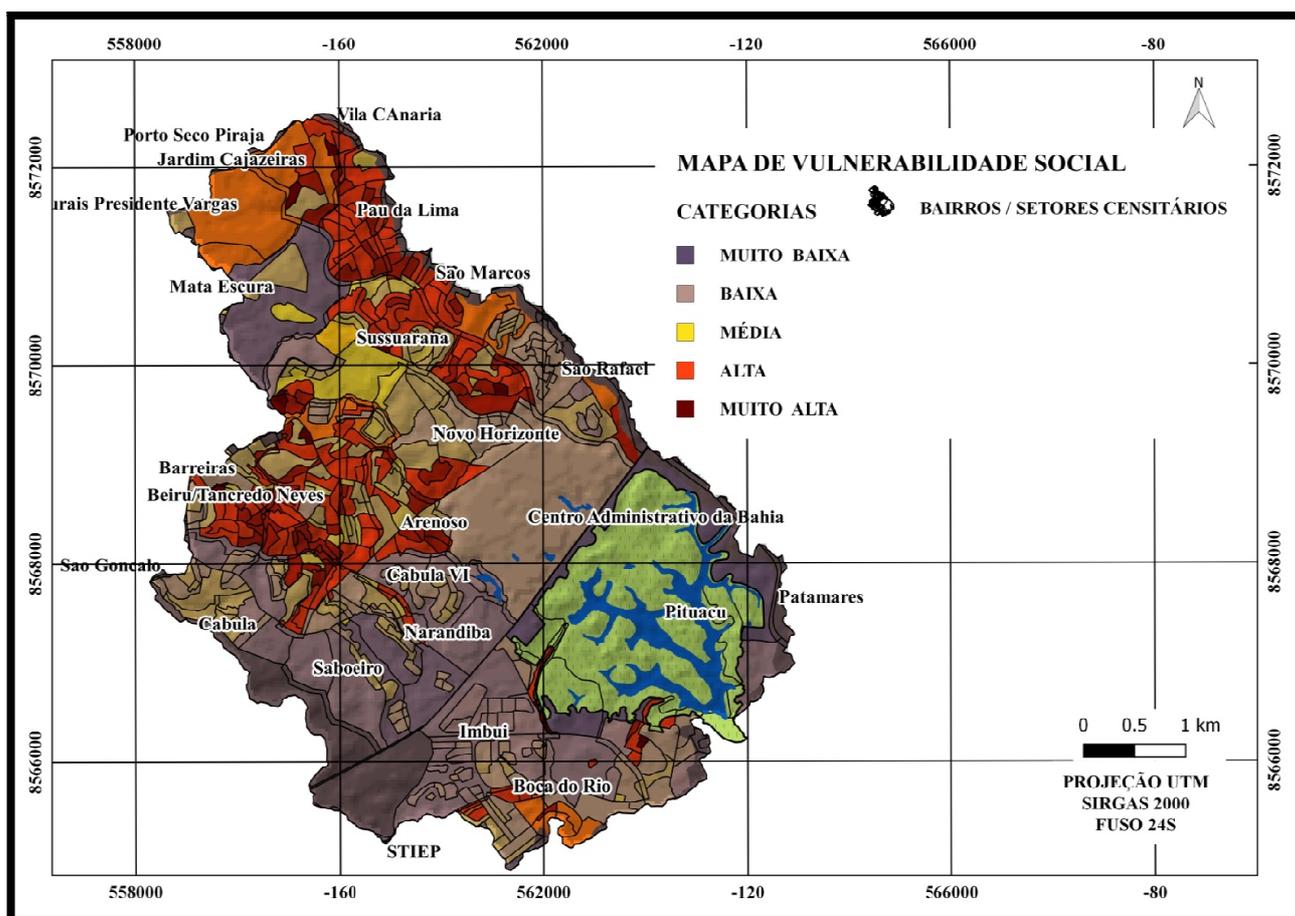
Elaboração: SILVA, C.R.P.

O Mapa 40 mostra a Vulnerabilidade Social na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu com as categorias de vulnerabilidade social definidas.



Mapa 40. Vulnerabilidade Social e suas Categorias
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Para facilitar a análise do Mapa com as categorias de Vulnerabilidade Social, o shape em formato raster foi vetorizado para possibilitar o cálculo das áreas de cada classe; também foi incluído o plano de informação Bairros da Bacia para identificar, especialmente, os locais de maior Vulnerabilidade; e também o Parque e o Lago de Pituáçu, além dos remanescentes florestais mais significativos na bacia. O Mapa 41 apresenta esta situação; assim, foi possível identificar 20 bairros que apresentam áreas com vulnerabilidade social Alta a Muito Alta são eles: Granjas Presidente Vargas; Jardim Cajazeiras, Porto Seco Pirajá; Pau da Lima; São Marcos; Sussuarana; Nova Sussuarana; Novo Horizonte; Barreiras; Engomadeira; Beiru/Tancredo Neves; São Rafael; Arenoso; Cabula VI; Cabula; Narandiba; Saboeiro; Imbuí; Boca do Rio e Pituáçu. Nota-se que há áreas com vulnerabilidade Alta e Muito Alta, em toda a bacia, porém, o predomínio absoluto é na parte NW, em que fica o chamado “miolo” de Salvador.



Mapa 41. Categorias de Vulnerabilidade Social da Bacia do Rio das Pedras/Pituáçu incluídos os bairros e os setores censitários
Elaboração: SILVA, C.R.P

O shape em formato vetorial propiciou o cálculo do número de setores censitários que cada categoria ocupa. O Quadro 17 apresenta as categorias geradas com seus respectivos pesos e os setores censitários associados e em percentagem que cada categoria ocupa em relação ao total de setores censitários da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

Quadro 17. Categorias de vulnerabilidade social, o peso e seus respectivos setores censitários e em porcentagem em relação ao total da bacia

CATEGORIAS	PESO	SETORES CENSITÁRIOS	(%)
MUITO BAIXA	1	29	7,4
BAIXA	2	184	46,9
MÉDIA	3	18	4,6
ALTA	4	151	38,5
MUITO ALTA	5	10	2,6
TOTAL		392	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 46 apresenta os dados do quadro acima. Assim, fica claro que apesar da classe de vulnerabilidade Baixa ser predominante na bacia, o somatório das áreas com vulnerabilidade Alta a Muito Alta são bem representativas e superam os 40% dos setores censitários.

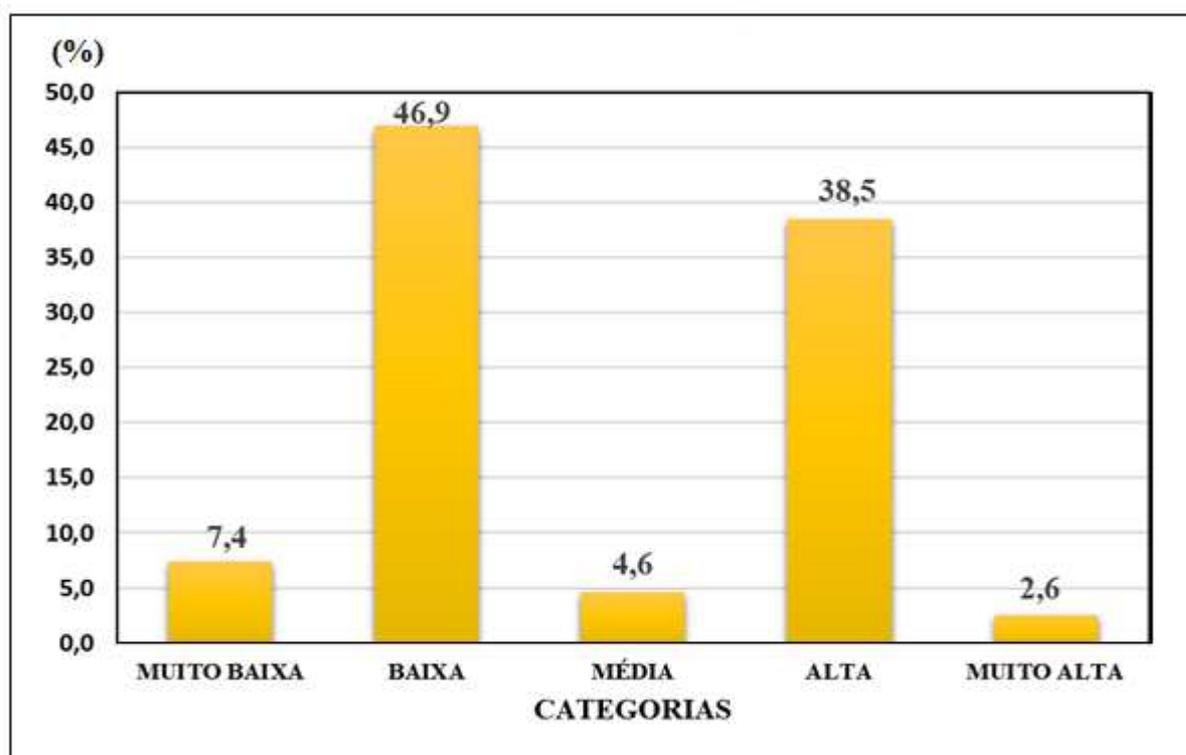


Figura 46. Percentagem de setores censitários com vulnerabilidade Alta ou Muito Alta na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu

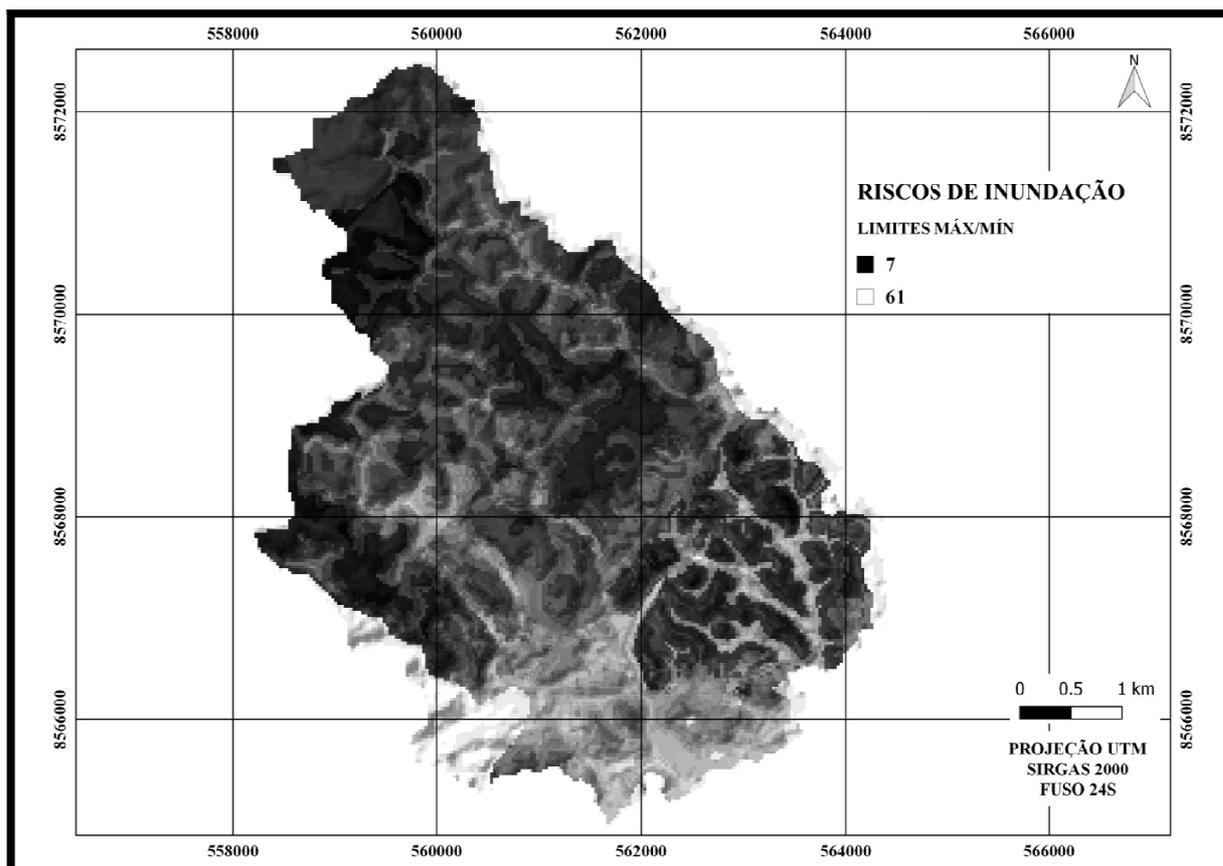
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Assim, este Mapa Síntese ficou apto para a última etapa que foi compor a operação algébrica que elaborou o Mapa de Riscos de Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu.

4.3 MAPA DE RISCOS DE INUNDAÇÃO

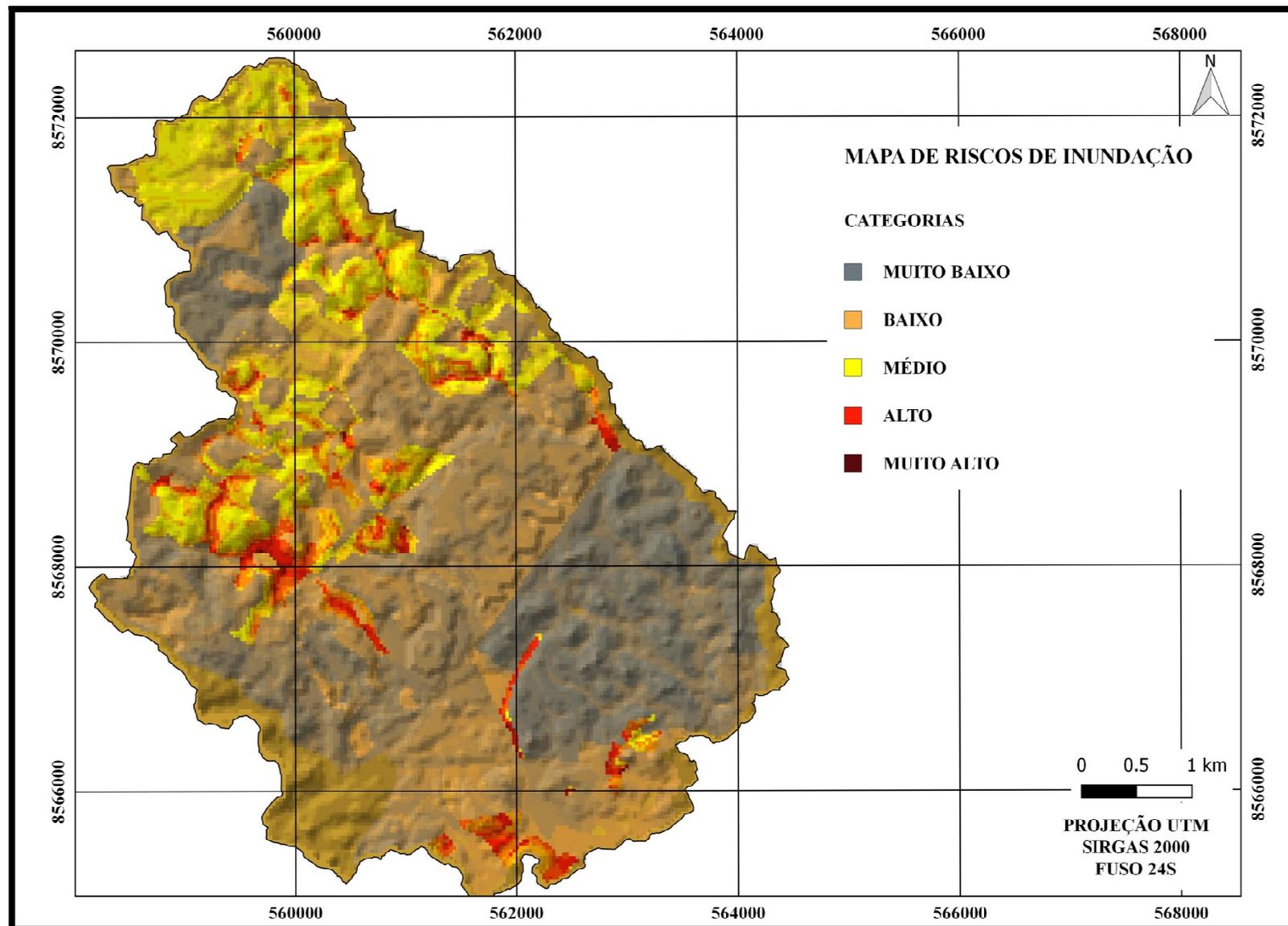
Cabe destacar que o Mapa de Riscos de Inundação é um dos produtos gerados por este trabalho, como parte das exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental da Universidade Católica de Salvador – UCSAL. Com relação ao operador utilizado no processo de álgebra de mapas para a geração deste mapa foi apenas a SOMA. A operação definida foi: (MAPA DE SUSCETIBILIDADE + MAPA DE VULNERABILIDADE).

O Mapa de Riscos de Inundação foi elaborado seguindo o mesmo princípio de construção dos mapas de Suscetibilidade a Inundações e Vulnerabilidade Social. Nesta etapa, os mapas gerados, também em formato Raster, apenas foram somados, por meio da ferramenta calculadora raster do QGIS e o mapa resultante foi o Mapa de Riscos de Inundação na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Os passos para a elaboração já foram descritos na abordagem metodológica. O produto obtido nesta etapa foi um novo shape em formato raster com as seguintes características: Banda Simples Cinza, limite mínimo 7 e limite máximo 61. O Mapa 42 apresenta o resultado obtido.



Mapa 42: Riscos de Inundação e os limites encontrados na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu
Elaboração: SILVA, C.R.P.

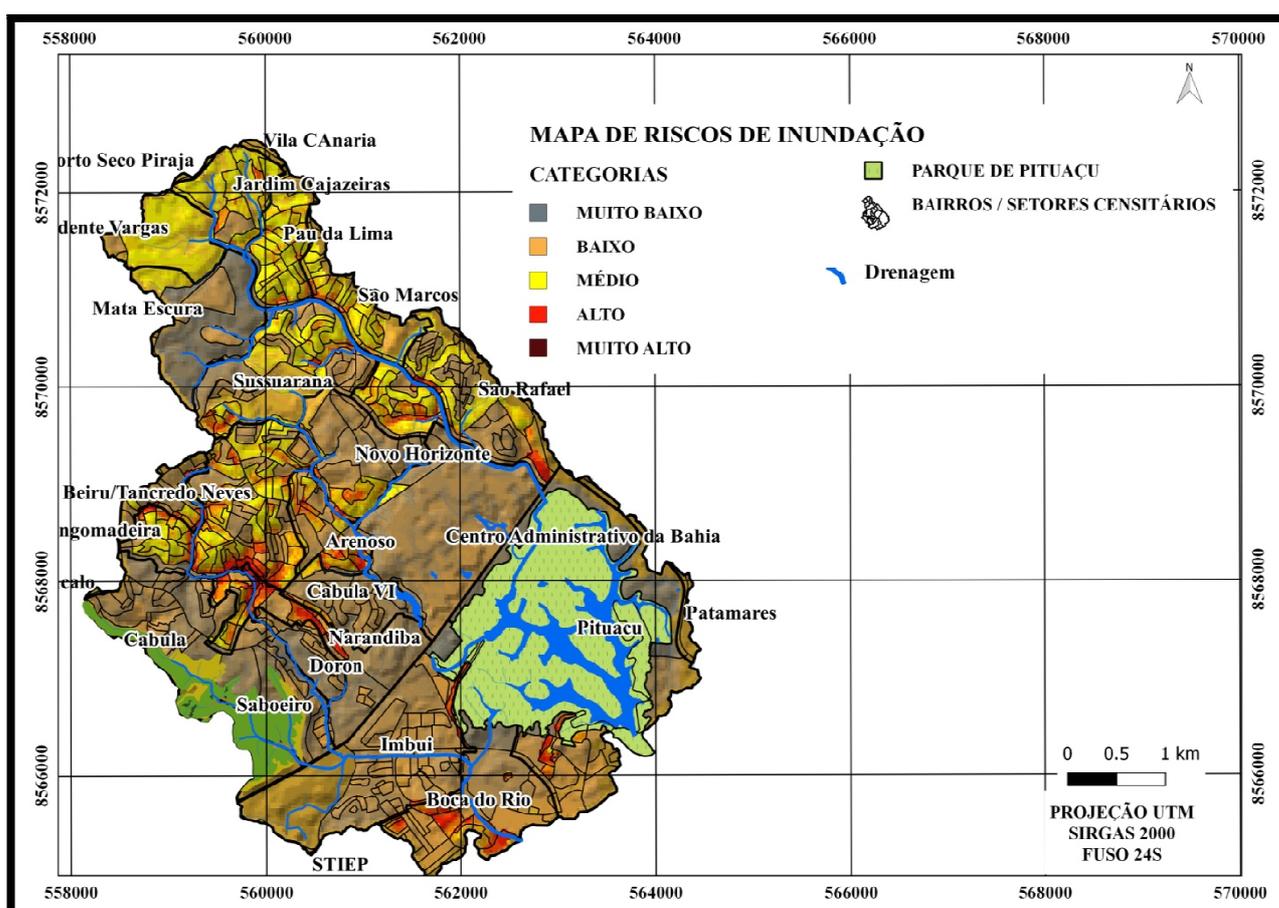
O Mapa 43 apresenta o Mapa de Riscos de Inundação com a rampa de cores e as categorias de risco definidas.



Mapa 43. Mapa de riscos de inundação e as categorias de risco
Elaboração: SILVA, C.R.P

4.4 AVALIAÇÃO DOS RISCOS DE INUNDAÇÃO

A avaliação de riscos de inundação, faz parte da etapa de prevenção do gerenciamento dos riscos. Numa abordagem multidisciplinar, a avaliação dos riscos de inundação se preocupa com as características fisiográficas (geológicas, geomorfológicas, pedológicas, climáticas e biológicas) as quais refletem a suscetibilidade que a área tem em gerar processos de inundação e também com as variáveis socioeconômicas, as quais refletem a vulnerabilidade ou resiliência social de grupos em um dado território. Para a avaliação dos Riscos de Inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, este trabalho elaborou o mapa de riscos de inundação, baseado na espacialização e hierarquização destas áreas, se configurando em um importante documento para o planejamento urbano e ambiental. Para a avaliação dos Riscos de Inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, foi incluído, no Mapa de Riscos de Inundação, os planos de informação: Bairros da Bacia, os setores censitários e o Parque de Pituaçu. O Mapa 44 apresenta esta situação.



Mapa 44. Categorias de Risco, Parque de Pituaçu e os setores censitário / bairros inseridos
Elaboração: SILVA, C.R.P

O Quadro 18 apresenta as faixas de categorias, as categorias de risco de inundação e sua relação com os pesos e as áreas em km² e em percentagem que ocupam na bacia.

Quadro 18. Intervalos, categorias e pesos relacionados com os Riscos de Inundação e a área que cada categoria ocupa na bacia

FAIXAS	CATEGORIAS	PESO	ÁREA	
			(km ²)	(%)
7 a 17,8	MUITO BAIXA	1	13,43	49
17,8 a 28,6	BAIXA	2	11,15	40,7
28,6 a 39,4	MÉDIA	3	2,19	8
39,4 a 50,2	ALTA	4	0,52	1,9
50,2 a 61	MUITO ALTA	5	0,11	0,4
-	-	-	27,40	100

Elaboração: SILVA, C.R.P.

Os dados deste Quadro, representados na Figura 47, mostram que as áreas com Risco Alto a Muito Alto representam apenas 2,3 % da bacia hidrográfica. Quase 98 % da área possui no máximo risco médio aos fenômenos de inundação. Das áreas com risco Muito Alto elas estão localizadas apenas em dois setores censitários situados na Boca do Rio e em Pituauçu e possui pouca representatividade; quanto aos setores censitários com Risco Alto, eles estão pontuados por toda a bacia; porém, há uma concentração maior na parte central da bacia, nos bairros de Tancredo Neves/Beiru, Arenoso e Narandiba; na parte baixa da bacia, há outra concentração de pontos na Boca do Rio, em Pituauçu e no Imbuí.

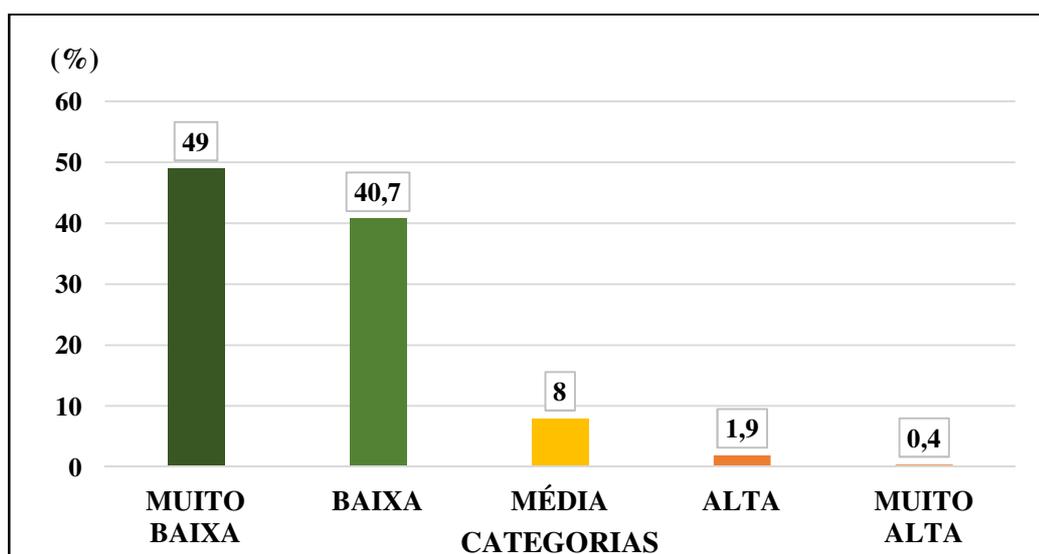


Figura 47. Riscos de inundação de cada categoria na área de estudo

Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 48 mostra as zonas com maior concentração de riscos de inundação categorizados como Médio, Alto e Muito Alto na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituauçu.

Os riscos categorizados como Muito Altos estão indistinguíveis e serão desconsiderados da análise por conta da sua falta de representatividade.

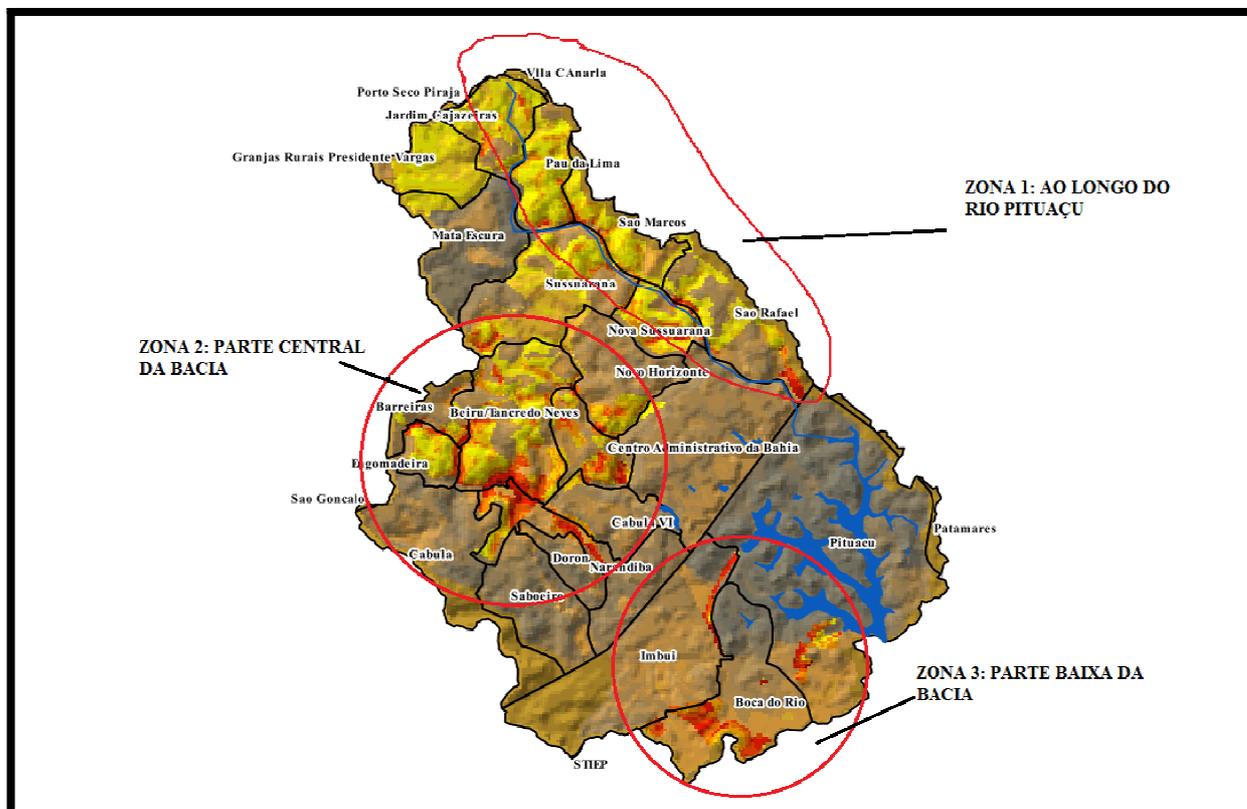


Figura 48. Zonas de concentração das categorias de Risco Médio, Alto e Muito Alto na área de estudos.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Observa-se que são três zonas distribuídas por toda a bacia hidrográfica: a primeira zona está localizada ao longo da drenagem do rio Pituauçu, no canto superior esquerdo da imagem, apresentando uma área com maior concentração na parte intermediária da bacia, no bairro de São Rafael; a segunda zona está localizada na parte central da bacia e a terceira zona se encontra na parte baixa, nos bairros da Boca do Rio, Pituauçu e da comunidade do Bate-Facho no Imbuí. Observa-se também que estas áreas estão intensamente urbanizadas, desmatadas, e, geralmente, às margens de alguma drenagem ou corpo hídrico. Percebe-se, pela distribuição das áreas de risco de inundação que, considerando as variáveis ambientais e socioeconômicas adotadas nesta pesquisa, o fator natural (susceptibilidade a inundações) joga um papel mais relevante que a vulnerabilidade social na formação dos riscos de inundação.

Pode-se observar na Figura 49 que vários pontos de risco de inundação da zona três estão ao longo do rio das Pedras na parte baixa da bacia hidrográfica. Verifica-se também que há setores censitários, no bairro da Boca do Rio, que, mesmo mais afastados da drenagem,

apresentam alto risco de inundação. Observa-se também que, no bairro do Imbuí, só comunidade do Bate-Facho está localizada em área de risco alto de inundação. Outra mancha de risco alto maior está localizada no bairro de Pituacu.

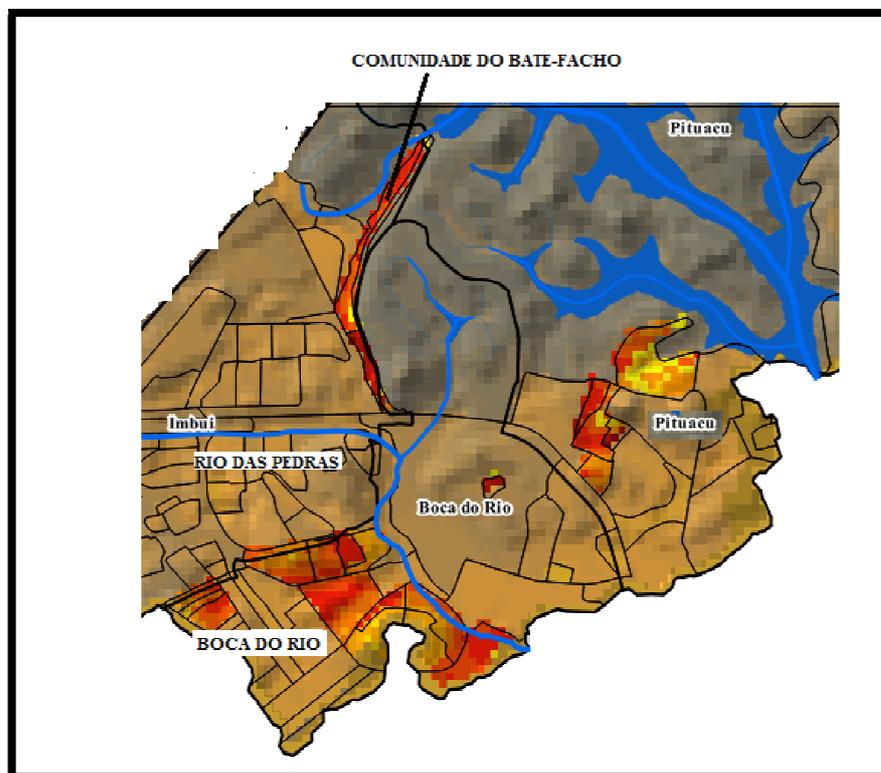


Figura 49. Locais com Risco Alto na parte baixa da área de estudo
Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 50 mostra a parte intermediária da bacia e os bairros com setores censitários com riscos de inundação. Observa-se que ao longo das drenagens do Rio Saboeiro e do Rio Cachoeirinha é que ocorrem as manchas de risco Alto. Os bairros com as maiores manchas são: Beiru/Tancredo Neves, Arenoso, Narandiba, Cabula, Barreiras, Sussuarana, Novo Horizonte e Engomadeira.

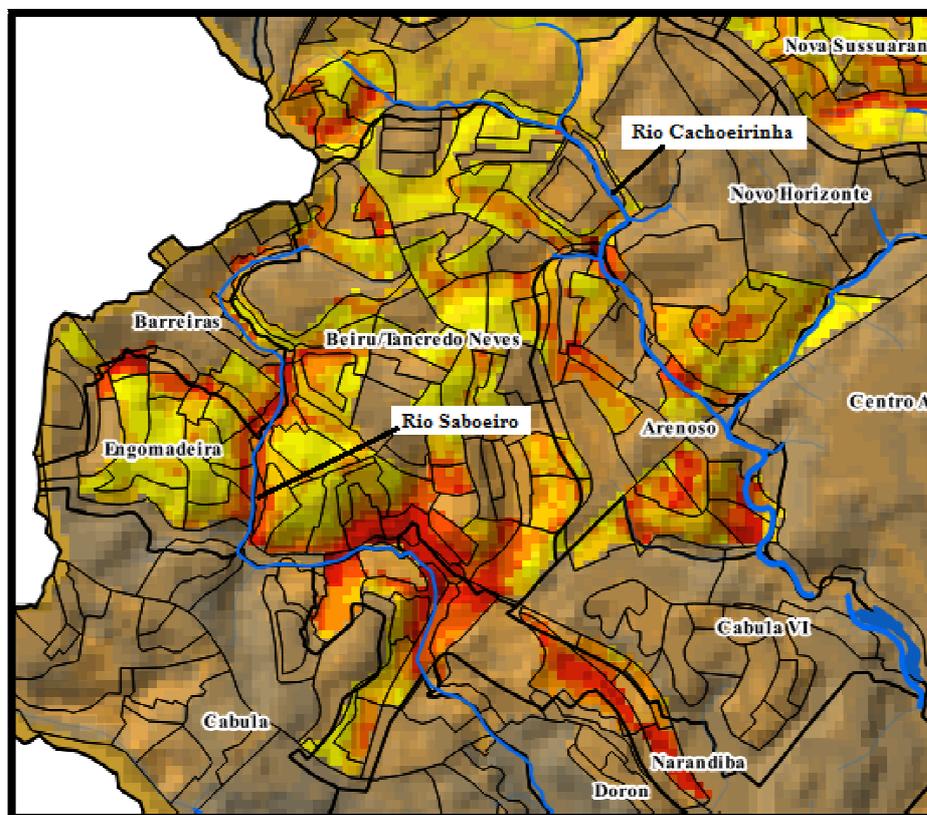


Figura 50. Locais com Risco Alto na parte central da área de estudo
Elaboração: SILVA, C.R.P.

A Figura 51 mostra as áreas com Alto risco de inundação ao longo do Rio Pituáçu localizados nos Bairros de Jardim Cajazeiras, Pau da Lima, São Marcos, Nova Sussuarana e São Rafael, em que está localizada a mancha mais proeminente de riscos de inundação categorizados como Alto nesta parte da bacia hidrográfica.

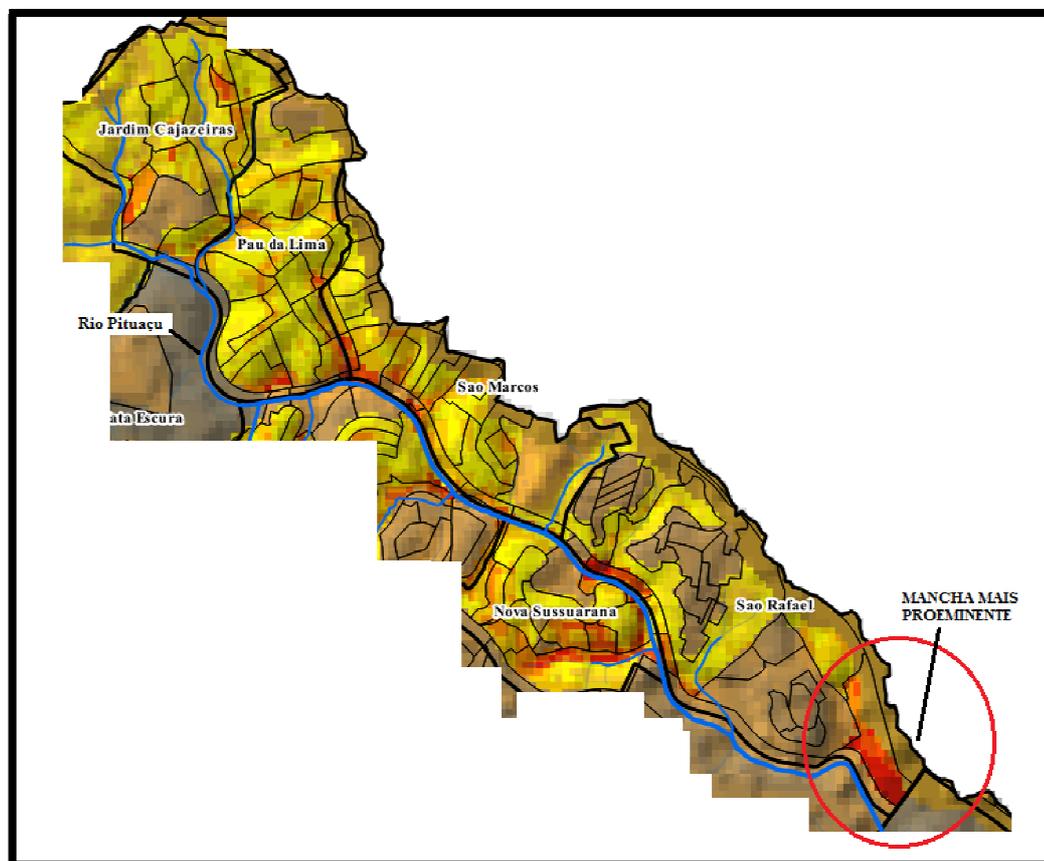


Figura 51. Locais com Risco Alto ao longo do Ri Pituáçu, na área de estudo.
Elaboração: SILVA, C.R.P.

Deste modo, pôde-se avaliar os riscos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituáçu.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do que foi exposto neste estudo, pode-se afirmar que a metodologia utilizada para a elaboração do Mapa de Riscos de Inundação se mostrou eficiente em distinguir as zonas em que a população corre os maiores riscos na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Ostentou como vantagens, o baixo custo, a boa precisão e a rapidez de execução e obtenção de respostas; além disso, demonstrou ser versátil e de fácil domínio mas, exigindo algum conhecimento em geoprocessamento. Assim, se tornou uma boa alternativa para os planejadores e gestores urbanos e ambientais e demais interessados em realizar trabalhos de avaliação de riscos sócio-naturais. O Mapa de suscetibilidade elaborado nesta pesquisa, inclusive, apresentou uma razoável concordância com a Carta de Suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações elaborada pela CPRM em 2013, em diversas cidades do país, inclusive em Salvador-BA, validando o estudo feito na bacia do Rio das Pedras/Pituaçu. Com relação ao Mapa de Vulnerabilidade Social, esta metodologia foi capaz de identificar as populações mais vulneráveis em relação aos eventos de inundação, a exemplo da comunidade do Bate-Facho no Imbuí, sobressaindo-se como uma das mais vulneráveis da bacia, corroborando com a situação de pobreza desta comunidade, denunciada pelo tipo de construção (precária) que predomina no local. Cabe destaque também, que, nesta comunidade, é recorrente os eventos de inundação registrados frequentemente na mídia. Assim, esta comunidade funcionou como um guia para a validação das comunidades em situação de alto grau de vulnerabilidade social na bacia. Ressalta-se que os dados utilizados neste estudo são do censo demográfico de 2010, portanto, o quadro de vulnerabilidade social pode estar mais agravado por conta da crise econômica atual, que produziu aumento no desemprego e piora nos índices socioeconômicos da população.

Quanto à hipótese levantada por esta pesquisa, os estudos efetuados possibilitaram chegar à conclusão que a mesma foi comprovada e que os riscos de inundação na bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu são realmente provenientes da conjugação das variáveis ambientais como clima, relevo e drenagem e das variáveis socioeconômicas, resultantes de um processo de urbanização que degradou o meio ambiente e agiu como um gerador de segregação social. Este trabalho também conseguiu responder a pergunta sobre quais os riscos de inundação na bacia, reconhecendo os locais mais propícios e a população mais vulnerável.

Como o primeiro passo metodológico, procurou-se saber se há riscos de inundação. Esta indagação foi totalmente respondida considerando os aspectos da suscetibilidade do território

às inundações e os aspectos socioeconômicos que produzem a vulnerabilidade social da população. Assim, quanto à suscetibilidade a inundações, a caracterização fisiográfica (climática, do relevo, dos solos e da vegetação) e análise da morfometria da bacia foram as responsáveis pela elucidação da questão. A análise morfométrica não respondeu de forma definitiva à pergunta porque houve índices que indicaram condições não propícias e outros índices indicaram condições favoráveis às inundações. Assim, os índices que indicam o formato da bacia hidrográfica e os índices relacionados com a densidade drenagem, sugeriram que as subacias que compõe a bacia do Rio das Pedras/Pituaçu, são menos favoráveis à formação de picos de inundação, sendo mais provável o escoamento superficial; No entanto, o valor alto para o índice de densidade de rios, denunciando a impermeabilidade do substrato e o índice relacionado ao Relevo, indicando baixa declividade da bacia como um todo, expôs condições que beneficiam os processos de acumulação superficial das águas e assim, proporcionam o fenômeno da inundação. Outro fator a influenciar o processo de geração das inundações é o próprio tamanho da bacia do Rio das Pedras/Pituaçu (27,4 km²) o que a torna comparável às microbacias em que a relação chuva/vazão é bem direta e rápida, proporcionando condições favoráveis às inundações quando ocorrerem chuvas intensas e prolongadas.

A caracterização fisiográfica, considerando os outros fatores naturais, no entanto, trouxe mais subsídios para análise. Com relação à geomorfologia da área, permitiu-se distinguir áreas propícias; assim, as áreas da parte alta da bacia, dominada pelo relevo cuja forma é denominada por Tabuleiros (Planalto) há predominância maior do escoamento superficial, diminuindo a probabilidade de acúmulos de água no terreno, que poderiam gerar as inundações, porque essa região se caracteriza pelas maiores declividades e as maiores altitudes encontradas na bacia hidrográfica; quanto à parte intermediária da bacia, caracterizado pelo relevo colinoso (intermediário entre o Tabuleiro e a Planície), em que a dissecação do relevo é maior, os vales fluviais são mais largos e a rede de drenagem mais proeminente que na parte alta da bacia, há algumas condições para o acúmulo de águas superficiais e, conseqüentemente, gerar inundações, apesar do escoamento superficial ainda ser o processo mais importante nesta parte da bacia; com relação à parte baixa da bacia, neste local há predomínio das planícies flúvio-marinhas, caracterizadas pelo relevo de baixa altitude e menos declivoso, sendo, portanto, os locais em que há as maiores condições para se gerar inundações na bacia.

Quanto à caracterização socioeconômica, ela demonstrou também que fatores como a urbanização também são importantes para os processos de geração de inundações, deste modo, deve-se considerar as grandes alterações na cobertura vegetal devido ao intenso desmatamento,

na impermeabilização do solo, nas alterações na rede de drenagem (retificações, aterros, obstruções, cobertura do canal e etc.) que ocorreu e ainda ocorrem nesta bacia. Deste modo, pôde-se concluir que existem condições propícias para gerar inundações na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu.

Para responder ao desdobramento da pergunta inicial “como se distribuem as áreas suscetíveis de inundação na bacia hidrográfica?” a técnica da álgebra de mapas ajudou a responder. Esta questão diz respeito à espacialização e categorização destas áreas; ela foi respondida na construção e na avaliação do Mapa de Suscetibilidade a Inundações; confirmando-se que as condições para gerar inundações se concentraram realmente na parte baixa da Bacia do Rio da Pedras/Pituaçu; porém, na sua parte central, também há condições para gerar as inundações, principalmente devido ao espraiamento das águas nos vales fluviais ou nas margens de reservatórios, como a represa do Rio Cachoeirinha, no Cabula VI. Deste modo, este estudo encontrou que, em eventos de alta pluviosidade, na parte alta da bacia, haverá o predomínio do escoamento superficial, drenando essas águas com maior rapidez, na forma de enxurradas, devido às maiores declividades, para as partes mais baixas, onde os terrenos planos acumulariam as águas, produzindo as inundações.

A questão da vulnerabilidade da população a eventos de inundação na bacia hidrográfica do rio das Pedras/Pituaçu foi elucidada pela caracterização socioeconômica. Os dados obtidos dos estudos efetuados mostraram que os setores censitários concentrados na parte NW (noroeste) da bacia, no chamado “miolo” de Salvador, são os locais de maior vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu. Na parte SE (sudeste) da bacia, apenas os setores censitários localizados na comunidade do Bate-facho e alguns outros setores censitários esparsos nos bairros da Boca do Rio e Pituaçu se encontram em situação semelhante. Assim, a maioria dos setores censitários com maior vulnerabilidade social se encontra em locais com baixa suscetibilidade a inundações.

Para responder onde e qual o grau de riscos de inundação; foi elaborado o mapa de riscos de inundação da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu também por meio da soma algébrica entre os mapas de Suscetibilidade a Inundações e o de Vulnerabilidade Social.

Este mapa mostrou que os riscos de inundação são muito baixos ou baixos em praticamente toda a bacia; os locais de risco Muito Alto não teve representatividade, em relação à bacia como um todo; quanto aos Riscos Altos, observaram-se três zonas: a primeira zona, localizada às margens da drenagem do Rio Pituaçu, desde às nascentes, nos bairros de Pau da Lima e Jardim Cajazeiras, passando pela parte central da bacia, nos bairros de Nova Sussuarana e São Marcos, até o bairro de São Rafael, perto da Avenida Paralela; a segunda zona, situada na

parte central da bacia, envolvendo os bairros do Saboeiro, Engomadeira, Cabula, Arenoso, Beiru/Tancredo Neves; a última mancha de risco de inundação se distribuiu pelos bairros do Imbuí, Boca do Rio e Pituauçu na parte baixa da bacia hidrográfica. Os riscos categorizados como Médio, apesar de ser encontrados em toda parte da bacia, estão concentrados na parte baixa, e não devem ser ignorados em todas as ações a serem desenvolvidas pelos gestores públicos ou de organização não governamentais.

De acordo com o que foi visto e considerando-se o atual estado de consolidação da infraestrutura da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituauçu e a densidade da ocupação urbana, as intervenções estruturais poderão ser imensamente complexas e custosas, mas, mesmo assim, seria importante realizar obras para reduzir a proporção de áreas impermeabilizadas na bacia, incentivando a implantação de calçadas vazadas, o recolhimento e aproveitamento de águas pluviais, aumento de áreas verdes, recuperação ambiental dos cursos d'água e o replantio de matas ciliares em toda a sua extensão.

Porém, para mitigar os riscos de inundação na área de estudo, não bastariam esforços da sociedade voltados apenas para melhorias de infraestrutura urbana, que possibilitariam o escoamento rápido das águas; torna-se fundamental também, um vigoroso trabalho social com as comunidades mais vulneráveis identificadas, com o intuito da melhoria das condições de vida, além de um empoderamento político da população mais carente da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituauçu.

Deste modo, implantação de políticas de urbanização e regularização de assentamentos precários, políticas públicas de ações de prevenção e de resposta e de gestão dos riscos aos eventos danosos, mapeamento de outras ameaças naturais e elaboração de cartas de risco e de cartas de perigo, em escalas de detalhe, implantação de programas sociais de educação ambiental e de cidadania, de incentivo ao emprego e aumento da renda.

Seria importante também, o estabelecimento de estratégias de monitoramento permanente e prevenção de acidentes nas áreas de risco enquanto não se executam intervenções emergenciais ou definitivas como implantação ou melhorias na rede coletora de esgotos, na coleta e deposição de lixo em aterros sanitários, já seriam ações importantíssimas para tornar a região mais resiliente a desastres. Cabe lembrar que a cidade de Salvador tornou-se parte do Programa da ONU “Cidades Resilientes” em abril de 2017. Como membro deste programa, seus gestores se comprometeram em adotar as medidas necessárias e suficientes para alcançar essa condição. Deste modo, o cumprimento dos requisitos descritos a seguir, seria um salutar início para o gerenciamento dos riscos de desastres naturais. Assim, este trabalho sugere também que os gestores públicos da cidade devam envidar todos os esforços para alcançar as seguintes

condições por meio de políticas públicas que assegurem que a população da bacia hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu, bem como, toda a cidade de Salvador-BA viva em residências e comunidades com serviços e infraestrutura organizados e que obedecam a padrões de segurança e códigos de construção, não havendo ocupações irregulares construídas em planícies de inundação ou em encostas íngremes; disponham de um processo de urbanização sustentável que garantam recursos necessários ao desenvolvimento da gestão de riscos municipal antes, durante e após um evento adverso ou ameaça natural, se preocupando em antecipar e mitigar os impactos dos desastres, incorporando tecnologias de monitoramento, alerta e alarme para a proteção da infraestrutura, dos bens comunitários e individuais – incluindo suas residências e bens materiais, do patrimônio cultural e ambiental, e do capital econômico, e também minimizar danos físicos e sociais decorrentes de eventos climáticos extremos.

Deste modo, adotando essas medidas, dentre outras, a cidade de Salvador e a Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras/Pituaçu poderiam conviver com esses eventos de inundação diminuindo os prejuízos econômicos ao patrimônio público e privado, além de, principalmente, evitar o sofrimento das comunidades, sobretudo, carentes e os óbitos que poderiam advir da ocorrência destes fenômenos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. **Riscos Ambientais e Vulnerabilidades nas Cidades Brasileiras: Conceitos, Metodologias, Aplicações.** São Paulo, SP. Cultura Acadêmica, 215p, 2012.
- ALMEIDA, R. A. *et al.* **Análise Morfométrica de uma Subacia do Rio Piracicaba (Mg) Utilizando Sistemas de Informação Geográfica.** Revista Engenharia na Agricultura, v. 25, n. 4, p. 372-380, 2017.
- ALVES, H P F *et al.* **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, 2006.
- ANDRADE, S. L. *et al.* **Elaboração de um mapa de risco de inundação da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG.** Caderno de Geografia, Belo Horizonte, v. 24, n. 41, p. 1-16, jan. 2014. Disponível em: <<http://200.229.32.55/index.php/geografia/article/view/4927>>. Acesso em: mar. 2018.
- ASMUS, C. I. R. F. *et al.* **Desastres: Estado da Arte.** Disponível em: <<https://ares.unasus.gov.br/acervo/handle/ARES/1070>>. Acesso em: jun.2017.
- BAHIA. CONDER. **Sistema Cartográfico da Região Metropolitana /SICAR/RMS.** 1992 Disponível em: <<http://www.informs.conder.ba.gov.br/bases-cartograficas/>>. Acesso em: mai.2017;
- BAHIA. INEMA. **Plano de Recursos Hídricos:** Divisão Hidrográfica Estadual. 2005 Disponível em: <www.seia.ba.gov.br>. Acesso em: mar.2017.
- BAHIA. INEMA. Relatório Pluviométrico. Disponível em: <<http://monitoramento.seia.ba.gov.br/paginas/hidrometeorologico/pluviometrico/export.xhtml>> Acesso em: jun.2017.
- BAHIA. Ministério Público/BA. **Projeto Mata Atlântica Salvador – Relatório Técnico.** Diagnóstico da Vegetação do Bioma Mata Atlântica na cidade de Salvador /Salvador: Fundação José Silveira. Ed. rev. e ampliada. - Salvador: [s.n], 2013. 360 p. il. 2013.
- BAHIA. UESC. **Conceitos de Bacias Hidrográficas:** Teorias e Aplicações- Ilhéus, Ba: Editus, 2002. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em: abr.2017
- BARBOSA, J. S. F. *et al.* **Petrografia e litogeoquímica das rochas da parte Oeste do Alto de Salvador, Bahia.** 2005. Bahia, Revista Brasileira de Geociências, 35(4 Supl): 9-22.
- BIRKMANN, J. **Risk and vulnerability indicators at different scales:** applicability, usefulness and policy implications. Environmental hazards. v. 7, p. 20-31, 2007.
- BOSSLE, R. C. **Qgis do ABC ao XYZ.** São José dos Pinhais. Edição do autor. 288p. 2016.

BRASIL DE ALMEIDA, C. *et al.* **Acidentes de trabalho envolvendo os olhos**: avaliação de riscos ocupacionais com trabalhadores de enfermagem. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, v. 13, n. 5, 2005.

BRASIL. ANA. **Divisão Hidrográfica do Brasil**. Disponível em:

<<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/copyofdivisoeshidrograficas>>. Acesso em: jun.2017.

BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: nov.2016.

BRASIL. IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico de 2010**. Disponível em:

<<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=29&dados=10>> Acesso em: nov. 2017.

BRASIL. IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv86302.pdf> /> Acesso em: mai.2016.

BRASIL. CPRM. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações – Bahia**. 2013. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geologia-de-Engenharia-e-Riscos-Geologicos/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Bahia-5071.html>>. Acesso em: jun.2016

BRASIL. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª. ed. – Rio de Janeiro: - SPI, 2006. 306 p.: il. Disponível em:

<<https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>> Acesso em: mai.2017.

BRASIL. INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em out.2016.

BRASIL. INPE. **Topodata**: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <www.dsr.inpe.br/topodata >. Acesso em: mai. 2016.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Prevenção de Riscos de Deslizamentos em Encostas**: Guia para elaboração de políticas municipais. Carvalho, S.C e Galvão, T. (Org). Brasília. 2006.

BRASIL. Ministério de Integração Nacional. **Publicações**. Disponível em:

<<http://www.mi.gov.br/defesacivil/publicacoes>>. Acesso em: nov.2017

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **COBRADE**. Disponível em:

<http://www.integracao.gov.br/documents/3958478/0/Anexo+V+-+Cobrade_com+simbologia.pdf/d7d8bb0b-07f3-4572-a6ca-738daa95feb0> Acesso em: ago.2017.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SD- 24 Salvador; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, v. 24, Rio de Janeiro, 1981. 624. Disponível em:

<<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv12783.pdf>>. Acesso em: mar.2017.

BRASIL. UFSC. **Centro Universitário de Pesquisa e Estudos sobre Desastres**. Capacitação básica em Defesa Civil / [Textos: Janaína Furtado; Marcos de Oliveira; Maria Cristina Dantas; Pedro Paulo Souza; Regina Panceri]. - Florianópolis: CAD UFSC, 2012.

BRASIL. UFSC. **Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres**. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. 2. ed. rev. ampl. – Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

BITAR, O. Y. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1: 25.000**: Nota Técnica Explicativa. IPT; CPRM, 2014.

BRITO, M. M. et. **Multi-Criteria Analysis Applied to Landslide Susceptibility**. Revista Brasileira de Geomorfologia - RBG (Rev. Bras. Geomorf. - vol. 18, n. 4), 2012.

BRUBACHER, J. P *et al.* **Suscetibilidade de enchentes a partir da análise das variáveis morfométricas na bacia hidrográfica do rio dos Sinos/RS**. Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, v. 15, p. 1863-1870, 2011.

CALIMAN, G. **Fundamentos teóricos e metodológicos da pedagogia social na Europa (Itália)**. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE PEDAGOGIA SOCIAL, 1., 2006, Proceedings online. Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000092006000100015&lng=en&nrm=abn> . Acesso em: fev. 2018.

CARMO, R. L. do; ANAZAWA, T. M. **Mortalidade por desastres no Brasil: o que mostram os dados**. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro , v. 19, n. 9, p. 3669-3681, Sept. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232014000903669&lng=en&nrm=iso> . Acesso em: June 2017.

CARVALHO, S S. **Organização sócio-espacial da Região Metropolitana de Salvador: uma aplicação de tecnologias de Geoprocessamento para Planejamento Urbano e Regional**. Tese de Doutorado em Geografia. Universidade Federal de Sergipe – UFS. 2006.

CARVALHO, L. M. **Geodiversidade do Estado da Bahia**. Programa Geologia do Brasil Levantamento da Geodiversidade / Organização Luiz Moacyr de Carvalho [e] Maria Angélica Barreto Ramos. – Salvador: CPRM, 2010.

CARVALHO, I; CORSO-PEREIRA, G. **A cidade como negócio**. EURE, Santiago, v. 39, n. 118, p. 5-26, 2013.

CARVALHO, R.G. **As Bacias Hidrográficas Enquanto Unidades de Planejamento e Zoneamento Ambiental no Brasil**. Presidente Prudente: Caderno Prudentino de Geografia, 2014.

CASTRO, C. M. *et al.* **Riscos Ambientais e Geografia: Conceituações, Abordagens e Escalas**. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 28-2. p. 11-30. 2005

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Editora Edgard Blucher Ltda. Vol. 1, 313 p. il. 1981.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher Ltda. 2ª Edição, 1988.

COLAVITE, A. P.; PASSOS, M. M. **Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem**. Revista Geonorte. v. 2, n. 4, p. 1547-1559, 2012.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas**: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari - SP. 2000. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CORDEIRO, J. P. *et. al.* **Álgebra de campos e objetos**. In: CÂMARA, *et. al.* **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações**. v. 13, 2007. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/>> Acesso em: nov.2017.

CORDEIRO, J. P. **Álgebra de Mapas e Regiões**. São José dos Campos. 2010. Tese (Doutorado em Informática). Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA. São Paulo. 2010.

DA SILVA, P. C. F. *et al.* **Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação**: Uma Abordagem Semi-Quantitativa. Revista do Instituto Geológico, V. 35, P. 13-38, 2014.

DA SILVA, J. P. R. P. **Mapeamento de inundações no Brasil**: Proposta de Gestão Ambiental Através de um Sistema de Informações Geográficas. Anais. VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM. São Carlos-SP. 2009.

DA FONSECA, E. L; DA SILVA, E. P. **Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas**. Acta Geográfica, v. 11, n. 25, p. 137-158, 2017.

DE ANDRADE, E. *et al.* **Mapeamento de perigos e riscos de inundação no Município de Aparecida (São Paulo)**. Anuário do Instituto de Geociências, v. 35, n. 2, p. 28-42, 2012

DE OLIVEIRA, G. G. *et al.* **Influência de Variáveis Morfométricas e da Distribuição das Chuvas na Previsão de Enchentes em São Sebastião do Caí, Rs**. Revista de Geografia (Recife), v. 27, n. 3. Esp, p. 140-155, 2011.

DINIZ, C. R. **Metodologia científica**. Campina Grande; Natal: UEPB/UFRN - EDUEP, 2008.

DIONÍSIO, R. **SlidePlayer**. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/user/1305141/>> Acesso em: abr.2017.

EM-DATE. The International Disasters Database. Relatório Anual de Desastres Naturais, 2010. Disponível em: <https://www.emdat.be/> Acesso em: mai. 2017.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação estudo de caso na Bacia do rio Palmital**, Paraná. Curitiba. 122 f. Dissertação de Mestrado em Eng. de Recursos Hídricos. Universidade Federal do Paraná. 2004.

FELL, R. *et al.* **Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning.** *Engineering Geology*, v. 102, p. 83-111, 2008.

FERNANDES DA SILVA, P C. *et al.* **Mapeamento de Perigos e Riscos de Inundação: Uma Abordagem Semiquantitativa.** *Revista do Instituto Geológico, São Paulo*, 35 (2), 13-38, 2014.

FERNANDEZ, R B. **Processos Recentes de Urbanização/Segregação em Salvador: o Miolo, Região Popular e Estratégica da Cidade.** *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales (Serie documental de Geo Crítica)* Universidad de Barcelona - Depósito Legal: B. 21.742-98 Vol. IX, nº 523, 20 de julio de 2004.

FIORI, S R. **Geomorfologia do Estado da Bahia.** Disponível em: <http://static.wixstatic.com/media/3771a9_6d47cfe8d754fd435b9dbd4ab48d6c89.gif> Acesso em: dez. 2017.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T G. **Geomorfologia: Conceito e Tecnologias Atuais.** Org. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros: 2015,** Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2016.61 p

GARCIA, M C P. A. **Aplicação de Sistemas de Informações Geográficas em Estudos Ambientais.** 1ª. ed. Curitiba: Intersaberes, 2014.

GERHARDT, T E; SILVEIRA, D T. (orgs). **Métodos de Pesquisa.** SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, A C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6ª ed. Editora Atlas SA, 2008.

GOOGLE. Google Earth. Version 7.3.1. 2016. Salvador-BA. Disponível em: <www.earth.google.com>. Acesso em: jun.2017

HAMADA, E; GONÇALVES, R R V. **Introdução ao Geoprocessamento: Princípios Básicos e Aplicação –** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2007.

HATJE, V., e ANDRADE, JB., orgs. **Baía de todos os santos: aspectos oceanoFiguras** [online]. Salvador: EDUFBA, 2009, 304 p.

HORA, S. B da; e R. L. GOMES. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA.** *Sociedade & Natureza*. v. 21, n. 2, p. 57–75. 2009.

IBIAPINA CAVALCANTE, J S; IBRAHIM ALOUFA, M A. **Percepção de riscos ambientais: uma análise sobre riscos de inundações em Natal-RN, Brasil.** *Investigações geográficas*, [SI], n. 84, Ago 2013. ISSN 2448-7279. Disponível em: <<http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/33709/37444>> Acesso em: nov. 2017.

- IBRAHIM, F I D. **Introdução ao Geoprocessamento Ambiental**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2014.
- KOBIYAMA, M *et al.* **Prevenção de desastres naturais: Conceitos Básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006.
- LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. – 5ª. ed. - São Paulo : Atlas 2003.
- LANA, C. E. *et al.* **Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG-Brasil**. Rem: Revista Escola de Minas, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001.
- LASZLO, M. L. ROCHA, P.C. **Composição Hierárquica dos Canais Fluviais das Bacias Hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe**. Revista Geonorte, 5. 2014.
- LAVELL, A. 2003. **La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica**. Guatemala: CEPREDENAC/PNUD, 2003. 101 p.
- LEDA, V. C. *et al.* **Análise comparativa de mapas de declividade na bacia do Ribeirão da Prata em Lençóis Paulista – SP**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- MACHADO, R A S. *et al.* **Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte a definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, v. 5, p. 1441-1448, 2011.
- MARIANO, J B. **Proposta de Metodologia de Avaliação Integrada de Riscos e Impactos Ambientais para Estudos de Avaliação Ambiental Estratégica do Setor de Petróleo e Gás Natural em Áreas Offshore**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- MARICATO, E. **Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 4, p. 21-33, 2000.
- MARINHO, R R; DA SILVA, E C M. **Análise Morfométrica de Áreas Afetadas por Inundação Urbana em Manaus-AM**. *Caminhos de Geografia*, Uberlândia v. 17, n. 59 Set. p. 162–176. 2016.
- MARUCCI VEIGA, Aldrei *et al.* Caracterização Hidromorfológica da Bacia do Rio Meia Ponte. **Caminhos de Geografia**, [S.l.], v. 14, n. 46, jul. 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/21013>>. Acesso em: maio 2017.
- MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. *GeoTextos*, v. 4, 2009.
- MONTEIRO, S R R P. **O Marco Conceitual da Vulnerabilidade Social**. Sociedade em Debate, v. 17, n. 2, p. 29-40, 2012.

MOREIRA, F R.; MOREIRA, J C. **A importância da análise de especiação do chumbo em plasma para a avaliação dos riscos à saúde.** Química Nova, v. 27, n. 2, p. 251-260, 2004.

MOURA, R. *et al.*. **Desastres Naturais ou Negligência Humana?** Revista Geografar, v. 3, n. 1, 2008.

MOURÃO, A C M. *et al.*. **Rotina para elaboração de MDE com o uso do ArcView:** utilizando a base de dados da “Shuttle Radar Topography Mission” realizada pela NASA. UFMG. Laboratório de Geoprocessamento, 2006.

NEDEL, A S. **Desastres Naturais e Geotecnologias:** Adversidades Climáticas INPE/CRS Santa Maria, 2010

NODARI, R O; GUERRA, M P. **Avaliação de riscos ambientais de plantas transgênicas.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 18, n. 1, p. 81-116, 2001.

NUNES, L H. **Urbanização e Desastres Naturais:** abrangência América do Sul. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OLIVEIRA, P.T. S. de *et al.*. **Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM.** Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, v. 14, n. 8, 2010.

ONU BR – Nações Unidas do Brasil. **Notícias.** Disponível em:

<<https://nacoesunidas.org/desastres-naturais-levam-24-milhoes-de-pessoas-por-ano-a-situacoes-de-pobreza/>>. Acesso em: nov. 2017.

PENTEADO FILHO, P A. **Planejamento Urbano em Salvador.** Veracidade, v. 1, n. 2, p. 5-11, out./dez. 1991.

_____. **Desafios e oportunidades da Reforma do Estado:** a questão das Organizações Sociais. **Anais.** XXII Encontro Nacional da ANPAD, 1998, Foz do Iguaçu. Encontro Nacional da ANPAD, 22°. Rio de Janeiro: ANPAD, 1998.

PEIXOTO, C S. **Os Fatores Físicos Condicionantes dos Problemas da Cidade de Salvador.** Salvador, 1968. 367 f. Tese de Livre Docência (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia. Universidade Federal da Bahia, Bahia.

PEREIRA, G C. **Organização social do território e formas de provisão de moradia.** In: CARVALHO, I. M. M. de; PEREIRA, G. C. (Org.). Salvador: transformações na ordem urbana. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2014. p. 141-173.. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/17354/1/org%20territorio%20e%20formas%20de%20provisão%20de%20moradia.pdf>>. Acesso em: nov. 2017.

PEREZ FILHO, A. *et al.*. **Monitoramento e Gerenciamento de Bacias Urbanas Associados a Inundação:** Diagnose da Bacia do Ribeirão Quilombo na Região Metropolitana de Campinas Utilizando Geotecnologias. Revista do Departamento de Geografia, 19. pp. 44-54. 2006.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M; PINCKBRENNER, K; SALGUEIRO, J. P. de B.; SOUZA, H. R. (Org.) **Atlas Pluviométrico do Brasil:** Isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos,

trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos. Brasília, CPRM: Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade, Sistema de Informação Geográfica – SIG – versão 2.; 1 DVD, Escala 1:5.000.000, atualizado em novembro/2011.

PINESE JÚNIOR, J F. RODRIGUES, S C. **O Método de Análise Hierárquica – AHP – Como Auxílio na Determinação da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Piedade (MG).** Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 23, p. 4-26. 2012.

REIS, P. E. **O escoamento superficial como condicionante de inundação em Belo Horizonte, MG:** estudo de caso da subárea córrego do Leitão, bacia do Ribeirão Arrudas. 2011.

REZENDE, P. S; MARQUES, D. V; OLIVEIRA, L. A de. **Construção de Modelo no Qgis e Utilização do Método de Processo Analítico Hierárquico – AHP para Mapeamento de Riscos a Inundação na Área Urbana de Paracatu – MG.** Caminhos de Geografia, [S.l.], v. 18, n. 61,p.01-18, mar. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/31408>> Acesso em: maio 2017.

ROCHA, A. A.; VIANNA, P. C. G. **A bacia Hidrográfica como Unidade de Gestão da Água.** Seminário Luso-Brasileiro, Agricultura Familiar e Desertificação, João Pessoa. p. 26-28, 2006.

ROCHA, L S; DE OLIVEIRA FERNANDES, V. **Análise de Áreas de Vulnerabilidade Hídrica na Bacia Hidrográfica de Pedras/Pituaçu Através de SIG.** Geo UERJ, v. 1, n. 25, p. 138-160, 2014.

RODRIGUES, F. M. *et al.*. **Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da fazenda glória, Município de Taquaritinga, SP.** Irriga, p. 310-322, 2008.

SAITO, S M. **Desastres naturais e geotecnologias-Vulnerabilidade.** Caderno didático n° 6. São José dos Campos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/CRS, p. 9, 2011.

SALVADOR. Agência de Notícias. 2017. **Salvador, Cidade resiliente.** Disponível em: <<http://www.agenciadenoticias.salvador.ba.gov.br/index.php/en/49-geral/5807-salvador-recebe-pela-primeira-vez-workshop-sobre-cidade-resiliente>>. Acesso em: abr.2017. SD

SALVADOR – Secretaria de Infraestrutura do Município de Salvador – **Relatório - Síntese do Plano Diretor de Encostas de Salvador.** Salvador, 2004.

SALVADOR. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano, Habitação e Meio Ambiente. **Cadernos da Cidade:** Ocupação do Solo. Ano I, Volume 1. N° 1. Junho de 2009. Disponível em: <https://docplayer.com.br/247273-Cadernos-da-cidade-uso-e-ocupacao-do-solo-em-salvador-volume-1.html#show_full_text>. Acesso em: dez.2017.

SANTANA, N S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental de Salvador:** um subsídio ao planejamento e à gestão ambiental da cidade. Salvador, 2014. 211 f. Tese (Doutorado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia.

SANTOS, E. *et al.*. **O Caminho das Águas em Salvador:** bacias hidrográficas, bairros e fontes. Salvador: ciags/ufba, SEMA, 2010.

SANTOS, A. M *et al.*. **Análise morfométrica das subacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil.** *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 3, p.195-211, 2012.

SANTOS, J M. **Análise Geoambiental Através da Estruturação e Integração de Dados no Contexto da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguari. Salvador-Ba.** 272 p.: il. Dissertação (Mestrado) Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente. Instituto de Geociências. Universidade Federal da Bahia. 2004.

SANTOS, A. P. P. dos *et al.*. **Precipitação na Cidade de Salvador: Variabilidade Temporal e Classificação em Quantis.** *Rev. bras. meteorol.*, São Paulo , v. 31, n. 4, p. 454-467, Dec. 2016 . Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010277862016000800454&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: mai. 2017.

SANTOS, M A. *et al.*. **Suscetibilidade a Enchentes a Partir da Análise de Variáveis Morfométricas, na Bacia Hidrográfica Rio Bonito em Irati-Pr.** *Revista Equador (UFPI)*, Vol. 5, Nº 5, p.151 – 167. 2016.

SANTOS, M. A. **Urbanização Brasileira.** 5ª ed. São Paulo. Editora da USP, 2013.

SANTOS, R. F. Dos. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática.** São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAUSSEN, T M; LACRUZ, M S P. **Sensoriamento Remoto para Desastres.** (orgs). São Paulo. Oficina de Textos, 2015.

SEHNEM, M. *et al.*. **Análise da Morfometria de Bacias Hidrográficas Sujeitas à Inundações na Região Sul de Santa Catarina-Brasil.** XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 2015.

SILVA, E L; MENEZES, E M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 4ª. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 138p. 2005.

SILVA FILHO, R A. **A integração de recursos históricos aos geológicos no resgate da construção paleogeomorfológica e paleovisual litorânea - o caso de Salvador, Bahia.** Bahia – Salvador: O Autor, 2008.

SILVA, F. G. ; FERREIRA, E. J. **Análise Geográfica das Áreas de Risco no Brasil: Uma Proposta de Investigação.** V Congresso em Desenvolvimento Social: Estado, Meio Ambiente e Desenvolvimento, 2016, Montes Claros - MG. Gt 02: Cidade, Estado E Meio Ambiente, 2016.

SILVA, S B. *et al.* **Salvador e sua região metropolitana: Mudanças Recentes, Conflitos e Perspectivas Institucionais.** *GeoTextos*, v. 11, n. 2, 2015.

SEVERINO, A J. **Metodologia do Trabalho Científico.** – 24ª rev. e atual. – São Paulo: Cortez, 2016.

SOARES, A. M. de C. **Cidade revelada: pobreza urbana em Salvador-BA.** *Revista Geografias*, v. 5, n. 1, p. 83-96, 2009.

SOARES FILHO, B.S. **Modelagem de Dados Espaciais**. Curso de Especialização em Geoprocessamento. UFMG, 2000.

SOUSA, G B; MOTA, J A. **Valoração econômica de áreas de recreação: o caso do Parque Metropolitano de Pituçu, Salvador, BA**. Editora UFPR. Revista de Economia, v. 32, n. 1 (ano 30), p. 37-55, jan./jun. 2006.

SOUZA-OLIVEIRA, J. S. de *et al.*. **Lithogeochemistry and geochronology of the subalkaline felsic plutonism that marks the end of the Paleoproterozoic orogeny in the Salvador-Esplanada belt, São Francisco craton**. (Salvador, state of Bahia, Brazil). Brazilian journal of geology, v. 44, n. 2, p. 221-234, 2014.

STEIN, G. JORNAL GEOFIGURA; a Bacia Hidrográfica e seus Elementos. Disponível em <https://jornalgeografico.blogspot.com.br/2016/03/bacias-hidrograficas-brasil.html> Acesso em mai.2017.

STIPP, N. A. F. *et al.*. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Taquara: uma contribuição para o estudo das ciências ambientais**. Portal de Cartografia das Geociências, v. 3, n. 1, p. 105-124, 2010.

SZLAFSZTEIN, C F; DA SILVA JUNIOR, O M. **A Importância dos Conceitos de Ameaça, Vulnerabilidade e Risco em Planos Diretores Municipais: Estudo de Caso no Município de Alenquer (PARÁ)**. Revista GeoAmazônia, v. 1, n. 01, 2014.

TAMURA, L N *et al.*. **Ground Penetrating Radar investigation of depositional architecture: the São Sebastião and Marizal formations in the Cretaceous Tucano Basin (Northeastern Brazil)**. Brazilian Journal of Geology, 46(1): 15-27, March. 2016.

TEODORO, V L I *et al.*. **O conceito de Bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, v.20, p.137-157, 2007.

TOMINAGA, L K, SANTORO J, DO AMARAL, R. (orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 196 p. 2009.

TRICART, J. – **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN - Diretoria Técnica, 91 p.1977.

TUCCI, C E M. Controle de Enchentes. In: TUCCI, C. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Universidade: ARBH, p. 16-36. 1993.

_____. Águas urbanas. **Estud. av.**, São Paulo , v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: Jun. 2017.

UNISDR - United Nations International Strategy For Disaster Reduction -. **Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters**. Genebra, 2009. Disponível em:

<www.unisdr.org/2005/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf> . Acesso em: fev. 2018.

UNISDR - United Nations International Strategy For Disaster Reduction. **Como Construir Cidades Mais Resilientes**: Um Guia para Gestores Públicos Locais. Genebra, 2012.

Disponível em <chrome-extension://oemmndcblldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.unisdr https://www.unisdr.org/files/26462_guiagestorespublicosweb.pdf>. Acesso em: fev. 2018.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfométricos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em:

<http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/guia_enx.pdf >. Acesso em: out.2017.

VAN DER VINNE, L.C. 2018. **Slideplayer**. Disponível em:

<<http://slideplayer.com.br/slide/10387880/>> Acesso em: mai.2018.

VIANA, V. J. e JOHNSSON, R. M. F. **Redução de Riscos de Desastres Associados a Inundações**: Nova Abordagem nas Políticas Públicas Brasileiras. Revista Semioses, V 11, n.03, p 19-32, 2017.

VILLELA, S. M. e MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p. 1975.

ZALOTI, F A. **Unidades Geoambientais e Transformações na Cobertura e Uso da Terra – 1976, 1994 E 2016 – No Município de Lauro de Freitas, Bahia**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Salvador 2017.