



Pós-Graduação em
Geografia, Natureza
e Dinâmica do Espaço



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA
DO ESPAÇO – PPGeo

DANYELLA VALE BARROS FRANÇA

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL A ALAGAMENTOS NO ALTO CURSO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

SÃO LUÍS

2019

DANYELLA VALE BARROS FRANÇA

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL A ALAGAMENTOS NO ALTO CURSO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - PPGeo, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Quésia Duarte da Silva.

SÃO LUÍS

2019

França, Danyella Vale Barros.

Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão / Danyella Vale Barros França – São Luis, MA, 2020.

226 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

1.Sociedade e natureza. 2.Morfodinâmica. 3.Dialética. 4.Urbanização. 5.Ilha do Maranhão. I. Título

CDU: 556.51(812.1)

DANYELLA VALE BARROS FRANÇA

**VULNERABILIDADE AMBIENTAL A ALAGAMENTOS NO ALTO CURSO DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - PPGeo, da Universidade Estadual do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Quésia Duarte da Silva.

Aprovada em: 29 de Outubro de 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dra. Quésia Duarte da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)



Prof.^a Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki (Examinador Externo)
Universidade Federal de Uberlândia (ICH/UFU)



Prof.^a Dra. Melina Fushimi (Examinador Interno)
Universidade Estadual do Maranhão (UEMA)

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus meu
criador, minha mãe Nelcy, meu pai Edimar, meu
irmão Hygo, meu esposo Aldair e a todos que
acreditaram em mim e que acompanharam-me nesta
jornada!*

AGRADECIMENTOS

O trabalho *Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão* é fruto de um sonho que nasceu antes mesmo do pensar em estudar Geografia, pois, os problemas sociais e ambientais vistos durante a minha vida nessa área sempre despertaram em mim o desejo de descobrir as causas, os motivos, e os porquês de todos os processos que acontecem lá.

Durante a graduação o estudo dessa localidade não foi possível, porém, com a possibilidade da pós-graduação a concretização do sonho foi iniciada e só foi possível graças ao meu *Aba* que me sustém, me permite o dom da vida todos os dias, concede sua misericórdia a cada manhã e me dá forças pra continuar e também a grande equipe de colaboradores que estão envolvidos direta e indiretamente com este trabalho. Por esta razão registro aqui os meus sinceros agradecimentos, a todos que fizeram parte deste ciclo de minha vida.

Sabendo que para realizar pesquisas no Brasil e no Mundo é fundamental o apoio financeiro gostaria de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio e pela oportunidade de ingressar na pós-graduação de maneira integral.

À Universidade Estadual do Maranhão, ao Centro de Educação Ciências Exatas e Naturais, ao Departamento de História e Geografia, ao Curso de Geografia e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço pelo acolhimento, apoio e incentivo à pesquisa.

Gostaria agora de agradecer aqueles que lutaram comigo durante estes 24 meses, parafraseando Roberto Carlos posso dizer que realmente teria tanto para falar mas com palavras é um pouco difícil dizer, porém tentarei....

Serei eternamente grata aos meus amados pais, Nelcy Vale Silva e Edimar de Miranda Barros, pois eles são a razão de estar viva hoje, são meu tudo, meu conforto, meu amor e eu sei o que fizeram para que eu pudesse ter meu sonhos realizados hoje.

Agradeço ao meu pacote de amor, meu irmão Hygo Vale Barros, sempre estaremos juntos, apesar do estresse, seremos sempre o porto seguro um do outro, estaremos sempre aqui.

Ao presente que Deus me deu, Aldair Muniz França, meu esposo, meu porto seguro, o lugar onde encontrei a paz quando os dias se tornaram difíceis durante a realização desta pesquisa.

Agradeço a minha orientadora Dra Quésia Duarte da Silva, um ser humano iluminado, responsável pela minha formação acadêmica, hoje reconheço que sou quem sou em

termos profissionais graças a dedicação desta pessoa em direcionar. Quésia Duarte é muito mais que uma orientadora, e ela sabe disso...

Ao Professor Drº Fernando Bezerra por sua amizade, apoio e incentivo, pois graças ao crédito que ele me concedeu hoje faço parte de um grupo de pesquisa.

Ao professor Drº Cláudio Eduardo de Castro, o temido coordenador do PPGEIO, esse homem é 1000. Muito obrigada pelo incentivo, pelas dicas, sugestões, pelo oportunidade de amadurecimento profissional.

A secretaria do PPGEIO, Nana que é muito responsável e dedicada no que faz, dá suas pressões mas sabemos que é para o nosso bem. Muito Obrigada por tudo querida, sei que você acreditou muito em mim.

A todo o quadro de professores do PPGEIO por contribuírem com a minha formação, em especial a professora Dra Melina Fushimi, que é uma amor de pessoa, que aceitou meu convite para fazer parte da banca e contribuir com este trabalho. Confesso que me senti muito privilegiada.

A professor Dra. Leda Correia Pedro Miyazaki que aceitou o convite para participar da banca examinadora, que contribuiu de maneira espetacular para a conclusão desta pesquisa, que veio de tão tão distante e me concedeu o privilégio de ser avaliada por ela. Minha sincera gratidão.

Gostaria de agradecer a primeira formação do grupo de pesquisa GEOMAP onde Cris, Marly, Gil, Rosy, Alder, Jefferson, Rejane e eu iniciamos as lutas por este grupo de pesquisa. Hoje colhemos bons frutos de todo o esforço e dedicação empenhados naquele período.

Agradeço agora ao GEOMAP de maneira geral, por todos que já passaram e pelos que estão, por todo o conhecimento adquirido, pelo espaço cedido, pelas oportunidades gigantes concedidas, e pela amizade incondicional criada entre os discentes neste grupo.

Aos meus amigos de pesquisa mais próximos Deyse, Estevânia, Paula, Ivan, Samyra, Gilberlene, Marly, Euclides, Thaís por estarem comigo sempre que preciso, por seu carinho e dedicação.

Agradeço aos meus xodós, Crystiã, o amigo mais fluente em inglês que alguém poderia ter, o meu corretor gramatical ambulante. Ao Ricardo ou Rik como amo chamá-lo, por seu companheirismo, sua disponibilidade em TODOS os campos com seu carro a *Frigi* parceiros eternos de campo.

Ao Jefferson que é uma doçura de pessoa, sempre disponível, o responsável pelas minhas imagens no Corel, ele arrasa, e nunca te diz um Não!

À Cristiane Mouzinho Costa, minha irmã gêmea como alguns dizem, ela me ajudou tanto e me ajuda até hoje, devo boa parte dos meus resgates acadêmicos a ela. Quando tudo parece não ir bem ela sempre tem uma solução, desesperada igual a mim mas sempre com uma palavra positiva, ela é demais.

A uma pessoa que chegou sem avisar e conquistou todo o espaço do meu coração Dayana ou Day, obrigada por se importar comigo, por se preocupar, por ser a pessoa que és. E por me alimentar também.

Aos amigos de turma 2017.2 em especial a Rejane, Renata, Augusto, Josiane e Alex por sua agradável presença e companhia. Louvo a Deus pela vida de cada um de vocês.

Aos irmãos que Deus me deu desde a infância, são mais de 15 anos de amizade Rodrigo e Jéssica (Pretta), a distância e a vida de adulto tratou de nos distanciar um pouco fisicamente, mas estamos sempre ligados pelo coração.

Aos meus irmãos de fé, companheiros de jornada da IASD de Jardim Tropical 1, sei que muitos estiveram torcendo por mim, como Juarez, Tereza, Jemima, Leny e Nil, apesar de nossas diferenças eu amo a cada um.

A minha amiga de fé, de coração, de comunhão Gleyciane da Silva Lima Santos, ela não podia fazer análises geomorfológicas, ir a campo e nem escrever pra mim, mas ela me ajudou da melhor maneira possível, orou a Deus pela minha vitória em todos os aspectos da minha vida. Eu agradeço a Deus pela vida dela. Eu a amo um tantão assim.....

Aos meus animais maravilhosos o primogênito Bilota (meu gato) muito expressivo, antipático, mas meu amor. A Lola (minha cadela) que apareceu aqui durante o processo e ficou, literalmente em meu coração, na minha casa, na minha vida. Aos que ficaram na casa da minha mãe Preto, Marley e Intruso eu também os amo.

Aos alunos da primeira turma de Geografia Bacharelado matutino da UEMA, onde realizei meu estágio em docência, foi um prazer conhecê-los.

Aos moradores das áreas estudadas por contribuírem prontamente com esta pesquisa, pois sem eles a conclusão deste trabalho seria muito mais difícil.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram com o meu desenvolvimento pessoal, intelectual e profissional, e que não foram citados porquê de fato não haveria páginas suficientes para descrever....

MUITO OBRIGADA!

*“[...] A nossa capacidade vem de Deus”
(II Coríntios 3:5)*

RESUMO

A Geografia é a ciência que procura compreender a relação sociedade/natureza. Apesar de ao longo dos anos ter sido dicotomizada, esta ciência possui caráter integrador. Dentre os subcampos geográficos, têm-se na geomorfologia urbana os estudos que apresentam diretamente a relação supracitada. No ambiente urbano, a atividade antrópica altera a paisagem, por meio da apropriação dos compartimentos geomorfológicos pelos agentes produtores do espaço, resultando em uma morfodinâmica fortemente instável, ocasionando problemas relacionados a erosões, inundações e alagamentos. Tais fenômenos atingem a população residente, a qual torna-se ambientalmente vulnerável. A fim de compreender esta dinâmica elegeu-se o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio como área de estudo, o qual possui 29,15 Km² estando situado na porção centro-leste da Ilha do Maranhão. Neste sentido, objetivou-se analisar a dinâmica da relação sociedade/natureza por meio da vulnerabilidade ambiental aos fenômenos de alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão, por meio da caracterização dos aspectos geoambientais, sociais, histórico de ocupação e alteração da paisagem, correlação dos atributos físicos e sociais e identificação dos níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos. Sob a perspectiva do método dialético foram realizados diversos procedimentos com o intuito de alcançar os objetivos propostos, tais como: levantamento bibliográfico e cartográfico, mapeamento temático (impermeabilização do solo, comparação da drenagem, classificação de canais, direção do escoamento, hipsometria, declividade, unidades de relevo, formas de terreno, distribuição de índices pluviométricos, uso e cobertura da terra, expansão territorial urbana sobre o relevo, alagamentos, mapas de caracterização social e vulnerabilidade ambiental a alagamentos) e trabalhos de campo (realização de entrevistas e identificação de áreas alagáveis). Todos estes procedimentos metodológicos proporcionaram alcançar os resultados referentes à vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso do Santo Antônio. Levando em consideração os meios morfodinâmicos de Tricart (1977), o processo de ocupação, as formas de uso, as características geoambientais e a infraestrutura urbana da área de estudo gerou-se o mapa de vulnerabilidade ambiental à alagamentos tendo como norte as ideias de Crepani et al (2001) com as adaptações necessárias para a área e o fenômeno em questão. A partir destes procedimentos metodológicos foram alcançados resultados importantes, como: a caracterização da geomorfologia urbana da localidade em estudo a partir da identificação dos agentes produtores do espaço responsáveis pela esculturação das formas de relevo e alteração da paisagem; a morfodinâmica resultante das intervenções antrópicas no ambiente; o perfil socioeconômico da população residente; as áreas com ocorrência de alagamentos bruscos e os níveis de vulnerabilidade ambiental a estes fenômenos. Em virtude da escala de trabalho foram selecionados quatro setores distribuídos ao longo do alto curso para realizar uma análise mais detalhada da vulnerabilidade ambiental e da morfodinâmica da paisagem, os quais estão localizados nos seguintes bairros: Cidade Olímpica, Jardim América, Jardim Tropical e Residencial Orquídeas. Todos os setores destacados apresentaram o predomínio da alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos com ocorrência de alagamentos bruscos e prejuízos materiais diversos sofridos pela população.

Palavras-chave: Sociedade e Natureza. Morfodinâmica. Dialética. Urbanização. Ilha do Maranhão.

ABSTRACT

Geography is the science that seeks to understand the relationship between society and nature. Although it has been dichotomized over the years, this science has an integrative character. Among the geographical subfields, there are in urban geomorphology, studies that directly present the aforementioned relationship. In the urban environment, anthropogenic activity alters the landscape through the appropriation of geomorphological compartments by space producing agents, resulting in a highly unstable morphodynamics, causing problems related to erosion, inundation and flooding. Such phenomena affect the local population who become environmentally vulnerable. In order to understand this dynamic, the upper course of the Santo Antonio basin was chosen as a study area, which has 29.15 km² and is located in the central-eastern portion of Maranhão Island. In this sense, the objective was to analyze the dynamics of the society / nature relationship through environmental vulnerability to flooding phenomena in the upper course of the Santo Antônio river basin, Maranhão Island through the characterization of geoenvironmental, social, occupation and alteration historical aspects. of landscape, correlation of physical and social attributes and identification of levels of environmental vulnerability to flooding in the study area. To reach these objectives, the methodology based on the dialectical method was followed according to the following procedures: bibliographic and cartographic survey, thematic mapping (soil sealing, drainage comparison, channel classification, direction of flow, hypsometry, slope, units). landforms, land distribution, rainfall distribution, land use and land cover, urban territorial expansion over land relief, flooding, social characterization maps and environmental vulnerability to flooding) and fieldwork (conducting interviews and identifying floodplains). All these methodological procedures provided the results regarding the environmental vulnerability to floods in the upper course of Santo Antonio. Taking into account the morphodynamic methodology of Tricart (1977), the process of occupation, the forms of use, the geoenvironmental characteristics and the urban infrastructure. The area of study generated a map of environmental vulnerability to flooding based on the ideas of Crepani et al (2001) with the necessary adaptations. From these methodological procedures important results were achieved, such as the identification of the space producing agents responsible for the landscape change, the morphodynamic resulting from the anthropic interventions in the environment, the socioeconomic profile of the resident population, the areas with the occurrence of sudden flooding and the levels of environmental vulnerability to these phenomena. Due to the work scale, four sectors were selected distributed throughout the study area, being located in the following neighborhoods: Cidade Olimpica, Jardim America, Jardim Tropical and Residencial Orquideas. All sectors showed had a predominance of high environmental vulnerability to flooding with occurrence of sudden flooding and material damage suffered by the population.

Keywords: Society and Nature. Morphodynamics. Dialectic. Urbanization. Island of Maranhão.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema da Ciência Geográfica como interface entre as Ciências Naturais e Sociais	35
Figura 2 - Representação das variáveis que compõe a vulnerabilidade natural segundo Grigio (2003).....	47
Figura 3 - Representação esquemática das variáveis da vulnerabilidade social segundo Rodriguez (2001).....	48
Figura 4 - Representação esquemática das variáveis da vulnerabilidade ambiental segundo Tagliane (2003).....	51
Figura 5 - Representação esquemática das variáveis dos meios morfodinamicamente estáveis, segundo Tricart (1977)	57
Figura 6 - Representação esquemática das variáveis dos meios morfodinâmicos fortemente instáveis, segundo Tricart (1977)	58
Figura 7 - Representação esquemática da ocorrência dos eventos enchente, inundação e alagamento no ambiente urbano	61
Figura 8 - Componentes do sistema de drenagem superficial e sub-superficial	63
Figura 9 - Representação esquemática de alguns equipamentos do sistema de drenagem urbana	64
Figura 10 - Poço de vistas ou de inspeção – A: Poço de vistas fechado em uma rua; B: Técnico realizando atividades de manutenção no poço de vistas.....	64
Figura 11 - Representação esquemática do ambiente urbano com ausência do sistema de drenagem	65
Figura 12 - Representação esquemática do ambiente urbano com sistema de drenagem	66
Figura 13 - Representação esquemática dos níveis taxonômicos das unidades de relevo	75
Figura 14 - Classes das formas de terreno ou curvatura da superfície	76
Figura 15 - Representação das falhas nos limites das classes ocasionados pelo recorte do raster para a área de estudo.....	77
Figura 16 - Categorias morfodinâmicas	87
Figura 17 - Representação da equação realizado no raster calculator para a geração do mapa de vulnerabilidade ambiental.....	93
Figura 18 - Fluxograma estrutural do mapa de vulnerabilidade ambiental a alagamentos	95
Figura 19 – Fluxograma metodológico resumido da pesquisa.....	98

Figura 20 – Transtornos na Ilha do Maranhão provocados pela chuva nos dias 29 e 30 novembro de 2018: A – Alagamento no túnel da Cohab; B – Poste derrubado pela chuva no bairro Maioba; C – Deslizamento de terra na avenida Litorânea; D – Parte de uma residência que desabou na rua do Aririzal.....	111
Figura 21 – Veículos comprometidos pelas chuvas ocorridas no dia 29 e 30.....	111
Figura 22 – Lineamentos aeromagnéticos das folhas São Luís NE e SE com a localização da bacia costeira de São Luís (modificado de Góes <i>et al.</i> , 1993).....	115
Figura 23 - Tabuleiro na estrada da Mata, divisa entre os municípios de São Luís e São José de Ribamar	121
Figura 24 - Canal fluvial intermitente durante o período seco na estrada da Mata, São José de Ribamar	121
Figura 25 - Canal intermitente durante o período chuvoso com processos geomorfológicos de transporte, erosão e acumulação de sedimentos ativos.....	122
Figura 26 - Planície fluvial ocupada por residências de baixo padrão no bairro Cidade Olímpica, São Luís	123
Figura 27 - Vertente retilínea no bairro Cidade Olímpica, São Luís.....	125
Figura 28 - Porção do tabuleiro central impermeabilizado no bairro do Jardim América, São Luís	141
Figura 29 - Solo exposto no bairro do Jardim Tropical I, São José de Ribamar.....	141
Figura 30 - Área urbana com uso comercial no bairro Sarney Filho I, São José de Ribamar	142
Figura 31 - Planície fluvial sem ocupação no bairro Laranjal, com presença de gramíneas e vegetação arbóreo-arbustiva no bairro Laranjal, São José de Ribamar.....	143
Figura 32 - Representação da cabeceira de drenagem e canal fluvial que foram aterrados nos bairros Geniparana e Jardim América, São Luís	152
Figura 33 - Escola Maria José Aragão instalada na cabeceira de drenagem no Jardim América, São Luís	153
Figura 34 - Representação da cabeceira de drenagem, onde atualmente está instalado um supermercado na divisa entre os três bairros	154
Figura 35 - Cabeceira de drenagem e canal aterrado com materiais úrbicos	155
Figura 36 - Planície aluvial onde será realizada a implantação do empreendimento Bosque da Prata.....	155
Figura 37 - Revestimento com piso intertravado na área de instalação do empreendimento Bosque da Prata na planície aluvial.....	156

Figura 38 - Comparação das duas formas de ocupação que ocorreram na planície aluvial em 2018: A – Área de ocupação espontânea; B – Início da instalação do empreendimento Bosque da Prata	157
Figura 39 - Poço de inspeção instalado no loteamento Bosque da Prata	158
Figura 40 - Alterações nos compartimentos geomorfológicos para instalação do Residencial Sítio Natureza	158
Figura 41 – Baixa vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	178
Figura 42 – Alagamentos graduais no bairro Santana, São Luis - MA.....	179
Figura 43 - Média vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	180
Figura 44 – Alagamento gradual no bairro Laranjal, São José de Ribamar - MA	181
Figura 45 - Alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	183
Figura 46 - Aspectos da paisagem no setor 1 - bairro Cidade Olímpica	185
Figura 47 - Morfologia impermeabilizada na Cidade Olímpica, São Luís	186
Figura 48 - Obras do sistema de drenagem inacabadas na Cidade Olímpica, São Luís.....	186
Figura 49 - Encanação das residências direcionada para o canal fluvial na Cidade Olímpica, São Luís	187
Figura 50 – Reportagem sobre o volume de chuvas em 2018.....	189
Figura 51 - Aspectos da paisagem no setor 2 - bairro Jardim América.....	190
Figura 52 - Canal fechado no setor 2 – Jardim América	191
Figura 53 - Componentes do sistema de drenagem urbana no setor 2 – Jardim América.....	191
Figura 54 – Componentes do sistema de drenagem urbana no setor 2 – Jardim América.....	192
Figura 55 – Reportagem sobre o excesso de chuvas em dezembro de 2018.....	193
Figura 56 - Aspectos da paisagem no setor 3 - bairro Jardim Tropical I	196
Figura 57 - Intervenção na morfologia do canal principal do rio Santo Antônio no bairro Jardim Tropical I	197
Figura 58 - Processo erosivo na margem direita e acumulação de sedimentos e materiais úrbicos no leito fluvial.....	197
Figura 59 - Casas em risco de desabamento na borda do canal fluvial no bairro Jardim Tropical I.....	198
Figura 60 - Obra de engenharia cedendo no canal principal do rio Santo Antônio no bairro Jardim Tropical I	198

Figura 61 – Reportagem sobre os transtornos causados pela precipitação no dia 24 de março de 2018	200
Figura 62 – Transtornos no dia 24 de março de 2019: A – Desabamento de muro no bairro Filipinho; B – Alagamento gradual no bairro Cohab	200
Figura 63 - Alagamento na alameda Arari no bairro Jardim Tropical I	201
Figura 64 - Pessoas trafegando na rua alagada (Alameda Balsas) no bairro Jardim Tropical I	201
Figura 65 - Alagamento na alameda Rosário no bairro Jardim Tropical 1 proveniente do encontro das águas pluviais das alamedas Balsas e Arari	202
Figura 66 – Casas com telas de proteção para que as águas não adentrem as residências na alameda Balsas, Jardim Tropical I.....	202
Figura 67 - Aspectos da paisagem no setor 4 – Residencial Orquídeas II	204
Figura 68 - Alteração da morfologia do canal fluvial: A – Tubulação exposta realizada no canal de primeira ordem; B – Parte do canal que não foi tubulado, porém alterado com estruturas de concreto	205
Figura 69 - Canal fluvial com morfologia alterada recebendo o escoamento superficial dos bairros Maiobão, Tambaú no Residencial Orquídeas II	205
Figura 70 - Alagamento na MA-201 que dá acesso ao Residencial Orquídea II	206
Figura 71 - Alagamento gradual no Residencial Orquídeas II	206

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	27
Mapa 2 - Distribuição dos índices pluviométricos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	113
Mapa 3 – Unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	120
Mapa 4 - Curvatura da superfície do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	124
Mapa 5 - Expansão territorial urbana sobre o relevo no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	128
Mapa 6 - Hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	136
Mapa 7 - Clinografia do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	137
Mapa 8 - Comparativo da impermeabilização do solo nos anos 1999 e 2019 no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	140
Mapa 9 - Uso e cobertura da terra do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	145
Mapa 10 - Pontos de observação da paisagem no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	148
Mapa 11 - Comparativo da hierarquia fluvial entre os anos de 1980 e 2019 no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	150
Mapa 12 - Classificação atual dos canais fluviais no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	151
Mapa 13 - População total estimada por setor censitário no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	161
Mapa 14 - Pessoas alfabetizadas por setor censitário no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	162
Mapa 15 - Responsável com rendimento mensal de até um salário mínimo no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	163

Mapa 16 - Domicílios com lixo descartado irregularmente no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	165
Mapa 17 - Domicílios com lixo acumulado no logradouro no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	167
Mapa 18 - Domicílios sem esgotamento sanitário/ com esgoto a céu aberto no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	168
Mapa 19 - Domicílios com fossa séptica no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	169
Mapa 20 - Setores com ausência de bueiros diversos e galerias no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	170
Mapa 21 - Direção do escoamento superficial no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	173
Mapa 22 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	174
Mapa 23 - Níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	176
Mapa 24 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 1 - bairro Cidade Olímpica...	188
Mapa 25 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 2 - bairro Jardim América	194
Mapa 26 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 3 - bairro Jardim Tropical 1 .	199
Mapa 27 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 4 - Residencial Orquídeas II.	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Curvatura da superfície com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade .	89
Tabela 2 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade...	89
Tabela 3 - Unidades de relevo com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade	90
Tabela 4 - Pesos de vulnerabilidade para o uso e cobertura da Terra	90
Tabela 5 - Áreas impermeáveis e permeáveis com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade	91
Tabela 6 - Níveis hierárquicos das características pluviométricas	92
Tabela 7 - Características físicas das chuvas na região nordeste	92
Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade ambiental atribuídas para o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio	94
Tabela 9 - Quantificação das áreas de APP que deveriam estar preservadas no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	146
Tabela 10 - Quantificação das áreas de conflitos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Conceituação necessária para a compreensão do espaço em Milton Santos.....	37
Quadro 2 - Alguns conceitos de paisagem sob a ótica da relação sociedade/natureza	40
Quadro 3 - Definições de vulnerabilidade sob a perspectiva do risco/perigo	43
Quadro 4 - Definições de vulnerabilidade sob a perspectiva ecológica, econômica, política e de resiliência.....	45
Quadro 5 - Diferenciação dos conceitos de enchente, inundação, enxurrada e alagamento	61
Quadro 6 - Classificação dos canais de drenagem após alterações no espaço urbano	72
Quadro 7 - Sistema de classificação para cobertura e uso da Terra simplificado baseado nas propostas de Heymann (1994); IBGE (2006).....	79
Quadro 8 - Variáveis censitárias para a elaboração dos mapas dos aspectos sociais	82
Quadro 9 - Definição das variáveis utilizadas para a caracterização social do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio	83
Quadro 10 - Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas com adaptações para o espaço urbano	88
Quadro 11 - Coluna estratigráfica da Bacia Costeira de São Luís	117
Quadro 12 – Resumo das características sociais da população residente do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	208
Quadro 13 - Matriz sintética de correlação dos aspectos da paisagem e vulnerabilidade ambiental aos alagamentos na área de estudo	209

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo da precipitação acumulada (mm) das Normais Climatológicas 1961-1990/ 1981-2010.....	103
Gráfico 2 - Média da precipitação acumulada mensal de 2011 a 2018 em São Luís - MA ...	104
Gráfico 3 - Precipitação acumulada em 24 horas durante os meses de janeiro a março (período chuvoso) de 2017.....	105
Gráfico 4 - Precipitação acumulada em 24 horas durante os meses de abril a junho (período chuvoso) de 2017.....	106
Gráfico 5 - Precipitação acumulada em 24 horas durante dos meses de fevereiro, março e abril (período chuvoso) de 2018	107
Gráfico 6 – Média da precipitação acumulada mensal do período chuvoso em 2019	108
Gráfico 7 – Chuva acumulada em 24 horas durante o mês de março de 2019.....	109
Gráfico 8 – Média da precipitação diária acumulada em 24 horas durante o período seco dos anos de 2017 a 2019	109
Gráfico 9 - Precipitação acumulada mensal entre 2017 a junho de 2019 em São Luís – MA	112

LISTA DE SIGLAS

ANA	- Agência Nacional das Águas
APP	- Área de Preservação Permanente
BNH	- Banco Nacional de Habitação
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEMADEN	- Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais
COHAB-MA	- Companhia de Habitação Popular do Maranhão
CPRM	- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CPTEC	- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CNPS	- Centro Nacional de Pesquisa de Solos
DNIT	- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DSG	- Diretoria de Serviço Geográfico
EM- DAT	- <i>Emergency Disasters Data Base</i>
ESRI	- <i>Environmental Systems Research Institute</i>
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEOMAP	- Grupo de pesquisa Geomorfologia e Mapeamento
GPS	- <i>Global System Position</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICEA	- Instituto de Controle do Espaço Aéreo – ICEA
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ISDR	- <i>International Strategy for Disaster Reduction</i>
LANDSAT	- <i>Land Remote Sensing Satellite</i>
ME	- Ministério do Exército
MINTER	- Ministério do Interior
MCMV	- Minha Casa Minha Vida
MDE	- Modelo Digital de Elevação
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NUGEO	- Núcleo Geoambiental – UEMA
PPGEO	- Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço
SIG	- Sistemas de Informação Geográfica
SIRGAS 2000	- Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
TSM	- Temperatura da Superfície do Mar
TIN	- <i>Triangular Irregular Network</i>
UEMA	- Universidade Estadual do Maranhão
UNESP	- Universidade Estadual Paulista
UNISDR	- <i>United Nations International Strategy for Disaster Reduction</i>
UTM	- Universal Transversa de Mercator
WGS 84	- <i>World Geodetic System 84</i>
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

<i>INTRODUÇÃO</i>	24
<i>CAPÍTULO 1 - GEOGRAFIA: UMA CIÊNCIA INTEGRADORA</i>	30
1.1 A Ciência Geográfica e a Relação Sociedade/Natureza	32
1.1.1 Técnica, Tempo, Espaço, Paisagem e Natureza	35
1.2 Vulnerabilidade ou Vulnerabilidades? Uma Discussão Conceitual	42
1.2.1 Vulnerabilidade Natural.....	46
1.2.2 Vulnerabilidade Social.....	47
1.2.3 Vulnerabilidade Ambiental.....	49
1.3 A Produção do Espaço Urbano e sua Relação com a Compartimentação Geomorfológica	51
1.3.1 Geomorfologia Urbana e os Meios Morfodinâmicos	55
1.3.2 Os Meios Estáveis, <i>Intergrades</i> e Fortemente Instáveis.....	57
1.3.3 Drenagem Urbana	60
<i>CAPÍTULO 2 - PROCEDIMENTOS TÉCNICO-OPERACIONAIS</i>	68
2.1 Etapas de Gabinete	69
2.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico.....	69
2.1.2 Mapeamento temático.....	70
2.2 Trabalho de Campo	95
2.2.1 Realização de entrevistas	96
2.2.2 Identificação das áreas com alagamentos bruscos.....	97
<i>CAPÍTULO 3 - ASPECTOS FISIAGRÁFICOS E HISTÓRICOS DA PAISAGEM DO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO</i>	99

3.1	Aspectos Fisiográficos do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	100
3.2	Aspectos Históricos do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	126
	<i>CAPÍTULO 4 - MORFODINÂMICA DA PAISAGEM E VULNERABILIDADE AMBIENTAL A ALAGAMENTOS NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SANTO ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO.....</i>	133
4.1	Geomorfologia Urbana e a Morfodinâmica Resultante no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio	134
4.2	Características Socioeconômicas da População Residente no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	159
4.3	Vulnerabilidade Ambiental a Alagamentos no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão	171
4.3.1	Baixa vulnerabilidade	177
4.3.2	Média vulnerabilidade	179
4.3.3	Alta vulnerabilidade.....	182
	<i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	210
	<i>REFERÊNCIAS</i>	214
	<i>APÊNDICE A</i>	226

INTRODUÇÃO

A transformação é o traço mais característico do planeta, que ao longo do tempo que *escoa* apresentou atmosferas, formatos continentais, paisagens e formas de vida distintos dos atuais (NUNES, 2015).

Com a evolução do conhecimento, essa transformação tão intrínseca ao planeta Terra tornou-se acelerada (FRANÇA e SILVA, 2018), caracterizando o tempo que *faz*.

Enquanto as transformações morfogenéticas (tempo que *escoa*) estão diretamente relacionadas ao natural e com ela os milhares e milhões de anos, as transformações morfodinâmicas (tempo que *faz*) fazem parte do presente, da relação dialética existente entre sociedade¹/natureza.

Apesar desta relação ser dicotomizada por muitos, a Geografia nasce como a ciência da integração, onde se entende que os aspectos naturais e sociais estão consubstanciados e não podem ser analisados de forma dissociada. Assim, na cidade observa-se a intrínseca relação entre a sociedade e natureza, pois nas áreas urbanas essa relação é regida pelos agentes produtores do espaço urbano que interferem diretamente na dinâmica dos elementos naturais, tais como os rios, o relevo, os solos, *etc.*

A alteração da paisagem por meio dos agentes produtores do espaço promove a apropriação dos melhores compartimento do relevo (tabuleiros, vertentes planares retilíneas com baixa declividade, entre outros compartimentos geralmente planos) para indivíduos que possuem maior poder aquisitivo enquanto que áreas frágeis do ponto de vista ambiental (planícies em geral, base de encostas, vertentes íngremes, cabeceiras de drenagem e entre outros) são direcionadas para pessoas de baixa renda. Essa alteração resulta em modificações na morfodinâmica dos ambientes, os quais respondem com processos geomorfológicos intensos e acelerados sobretudo nas áreas ambientalmente frágeis.

Essa alteração da paisagem, associada à falta de infraestrutura urbana é um quadro que se repete em várias cidades brasileiras: a produção do espaço urbano com ausência dos componentes de infraestrutura necessários para que a população ocupante tenha qualidade de vida.

Assim, a morfodinâmica resultante das formas de apropriação do relevo associada a inexistência de infraestrutura urbana, torna a população vulnerável aos eventos que podem ocorrer em áreas urbanas, como é o caso dos alagamentos.

¹ Em termos gerais, trata-se de um conjunto de indivíduos que partilham uma cultura com as suas maneiras de estar na vida e os seus fins, e que interagem entre si para formar uma comunidade (MARTINS, 2012). No sentido em que está posta, refere-se tomar como seu os elementos naturais dando-lhes fins para a manutenção da vida em sociedade (PEDRO, 2008).

Os alagamentos são fenômenos que não estão diretamente associados ao canal fluvial e sim às alterações da paisagem e à ineficácia ou inexistência do sistema de drenagem urbana.

No Brasil, inúmeros são os casos de alagamentos durante o período chuvoso, os quais são veiculados anualmente nos meios de comunicação em massa. Esse quadro é refletido também na Ilha do Maranhão, a qual apresenta diversas bacias hidrográficas, um crescimento populacional acelerado e tem uma população que busca por novos espaços promovendo alterações diversas na paisagem referida. Neste sentido, esta Ilha tem apresentado nos últimos 10 anos diversos casos de pessoas afetadas por fenômenos de alagamentos.

Tendo em vista que as bacias hidrográficas do Anil, Bacanga e Paciência absorveram desde a fundação de São Luís os maiores impactos da urbanização, diversos estudos foram realizados ao longo dos anos nestes sistemas hídricos, porém atualmente com o crescimento urbano e a procura de novos espaços para a fixação de moradias, outras bacias estão absorvendo estes impactos, como é o caso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, onde está situada a área de estudo.

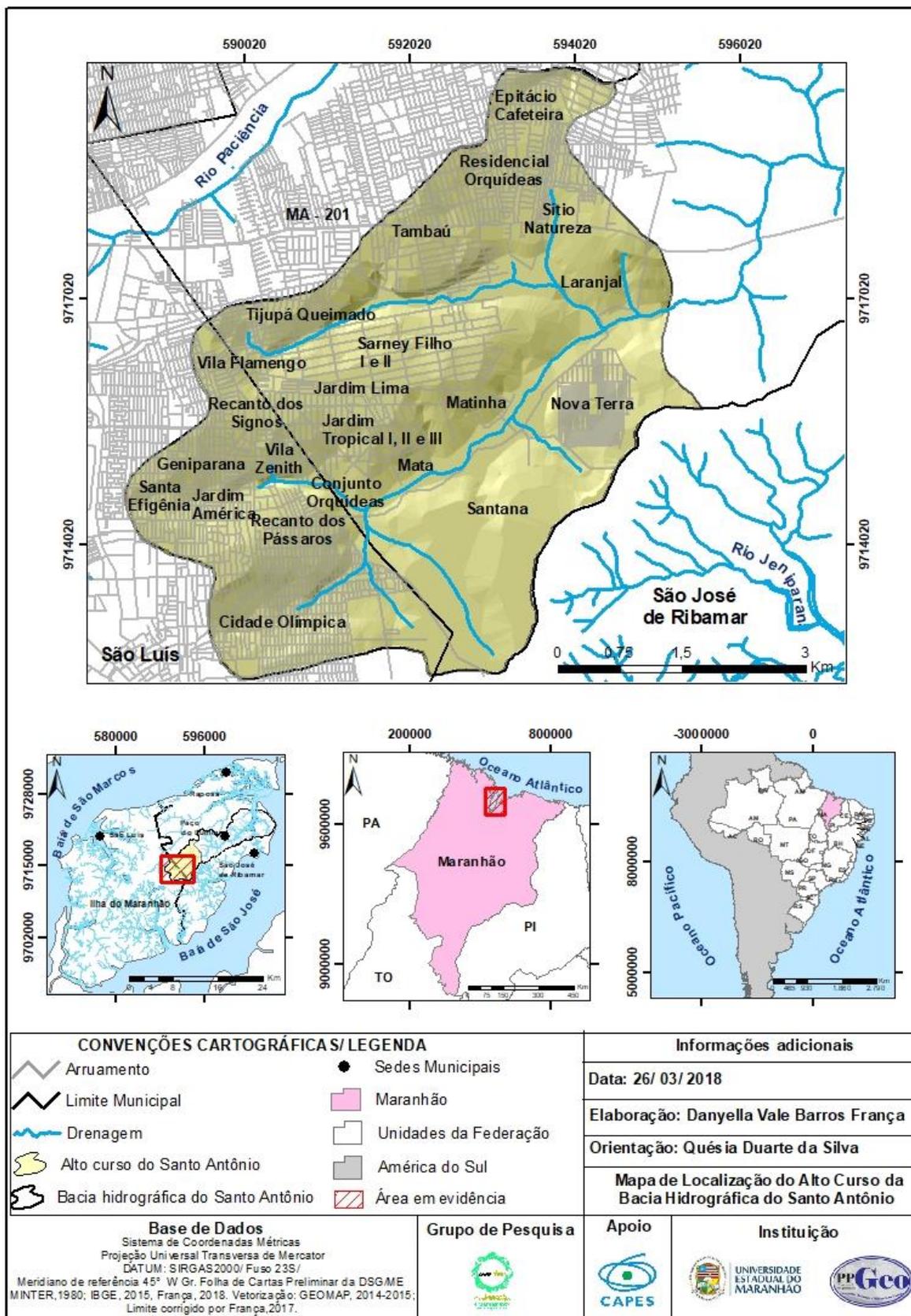
A referida bacia é a quarta maior bacia hidrográfica da Ilha do Maranhão, de acordo com Silva (2012), sendo sua nascente principal no Jardim América e desaguando no Oceano Atlântico, compreendendo três municípios da Ilha, sendo eles São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar.

Em virtude de sua extensão, nesta pesquisa pretendeu-se analisar apenas o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, o qual possui 29,15 Km² (Mapa 1, p. 27), considerando a sua situação de proximidade com a sede municipal e estadual, esta área tem recebido maiores pressões antrópicas e transformações diversas gerando, também, alterações no sistema hidrográfico citado, afetando a população residente.

Devido ao processo de produção do espaço urbano, ocupação e apropriação dos compartimentos geomorfológicos², os fenômenos de alagamentos têm afetado a população residente no alto curso. Nos últimos 10 anos diversas famílias foram afetadas por estes eventos, com perdas materiais como móveis e eletrodomésticos, além de problemas relacionadas à saúde devido ao contato com a água parada e contaminada.

² Compartimentos do relevo: vertentes, topos dos tabuleiros, fundos de vales *etc.*

Mapa 1 – Localização do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Apesar de ser um fenômeno recorrente na Ilha do Maranhão, não se tem muitos estudos relacionado à ocorrência de alagamentos na ilha. Estes eventos precisam ser estudados, pois os prejuízos ocasionados por eles são diversos, pedestres não conseguem trafegar, o trânsito em grande parte da Ilha fica comprometido durante o período chuvoso, horas de engarrafamento são enfrentadas por motoristas e a ocorrência de acidentes automobilísticos cresce neste período. Por esta razão, faz-se necessário o estudo dos fenômenos de alagamentos nas áreas urbanas e seus impactos sobre a população. Assim, consideramos ser uma temática relevante para o planejamento territorial, de interesse do poder público e privado

As questões relacionadas aos problemas ambientais urbanos como os alagamentos que são oriundos do processo de produção do espaço urbano, das alterações da paisagem, bem como a situação da população ocupante dos compartimentos geomorfológicos motivaram a produção deste trabalho, o qual possui os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

Analisar a dinâmica da relação sociedade/natureza por meio da vulnerabilidade ambiental aos fenômenos de alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

Objetivos Específicos

Caracterizar os aspectos geoambientais da área de estudo;

Caracterizar os aspectos históricos de ocupação e transformação da paisagem;

Correlacionar os atributos físicos e sociais que resultam na dinâmica da área objeto de estudo;

Identificar os níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Considerando o objetivo geral do estudo que é de entender a vulnerabilidade ambiental aos fenômenos supracitados, utilizou-se o método dialético como norteador desta pesquisa a partir dos seguintes procedimentos: levantamento bibliográfico e cartográfico, mapeamento temático (impermeabilização do solo, comparação da drenagem, classificação de canais, direção do escoamento, hipsometria, declividade, unidades de relevo, formas de terreno, distribuição de índices pluviométricos, uso e cobertura da terra, expansão territorial urbana sobre o relevo, alagamentos, mapas de caracterização social e vulnerabilidade ambiental a alagamentos) e trabalhos de campo (realização de entrevistas e identificação de áreas alagáveis).

A dissertação encontra-se organizada em quatro capítulos fundamentais. O primeiro contém uma reflexão sobre a gênese da Ciência Geográfica como ciência integradora e não dicotômica. Para isso são apresentadas as categorias técnica, tempo, espaço, paisagem, paisagem alterada e natureza, as quais auxiliam no entendimento da dialética relação sociedade/natureza.

Ainda neste capítulo é discutido o conceito de vulnerabilidade dentro das diversas esferas em que ele é concebido, a produção do espaço urbano e sua relação com a compartimentação geomorfológica e por fim apresenta-se uma abordagem da geomorfologia urbana e dos meios morfodinâmicos de Tricart (1977), levando em consideração o ambiente urbano e os problemas na drenagem urbana.

O capítulo seguinte é referente ao caminho metodológico da pesquisa, explicando de maneira objetiva os procedimentos adotados para alcançar os objetivos propostos no trabalho.

O terceiro capítulo aborda os aspectos fisiográficos e históricos da paisagem da área de estudo, caracterização esta que é fundamental para o entendimento das vulnerabilidades dos determinados espaços.

Por fim, o quarto e último capítulo apresenta os resultados diretos da pesquisa relacionados à morfodinâmica da paisagem e à vulnerabilidade ambiental a alagamentos na área de estudo, fazendo-se uma análise da apropriação do relevo, esculturação das formas por meio dos agentes produtores do espaço urbano, alteração da paisagem e morfodinâmica resultante, fatores estes que contribuíram para a identificação dos níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

*CAPÍTULO 1 -
GEOGRAFIA: UMA
CIÊNCIA
INTEGRADORA*

A Geografia é uma ciência de caráter integrador, apesar de que ao longo dos anos muitos pesquisadores têm trabalhado de maneira dualística, em uma perspectiva separatista no que tange as relações sociedade-natureza. Porém, em termos gerais, estudos geográficos não podem apresentar total dissociação entre os elementos físicos e humanos, ambiente e sociedade. Estes assuntos são inter-relacionados e na prática são pertencentes um ao outro.

O ser humano, ao se apropriar dos compartimentos geomorfológicos para o estabelecimento de suas atividades, produz alterações na paisagem e na morfodinâmica do ambiente, alterando assim os ritmos, os processos e as formas, os quais produzem efeitos positivos e negativos para o ambiente e o ser humano, sendo este último considerado como a vítima e o agressor do meio em que habita, de acordo com Veyret (2013).

Neste sentido, este capítulo procura discutir a noção de Geografia enquanto ciência de integração, partindo do conceito de Espaço Geográfico e das categorias técnica, tempo, paisagem e natureza, que são basiladores para as discussões geográficas. Após a apresentação dos argumentos que sintetizam a noção de que a relação sociedade/ natureza é real e indissociável, apresentam-se as discussões a respeito da vulnerabilidade.

Dentro das temáticas atuais, a discussão sobre as vulnerabilidades tem se destacado por enfatizar a atuação do fator humano sobre o ambiente e as respostas ambientais sobre o primeiro. Tais temáticas apresentam a relação indissociável entre o físico e o humano, sociedade e natureza. Por esta razão, apresenta-se uma discussão a respeito do conceito de vulnerabilidade, avaliando as diversas conceituações que lhe são postas.

Em um segundo momento, aborda-se as relações da Ciência Geomorfológica no meio urbano, também conhecida como Geomorfologia Urbana, analisando o papel dos agentes produtores do espaço urbano na esculturação das formas de relevo e na apropriação dos compartimentos geomorfológicos, fazendo referência aos estudos dos meios morfodinâmicos de Tricart (1977). Para finalizar a discussão, são apresentadas questões relativas ao espaço urbano, sobretudo à drenagem urbana, uma vez que os problemas enfocados nesta pesquisa são de natureza hidrológica.

1.1 A Ciência Geográfica e a Relação Sociedade/Natureza

A Geografia enquanto ciência foi institucionalizada no século XIX³, a partir da sistematização do conhecimento (MOREIRA, 1981; MORMUL e ROCHA, 2013; DANTAS e MEDEIROS, 2011). É neste período, de acordo com Boudou (2018), que surgem as primeiras sociedades de Geografia (Paris em 1821, Berlim em 1828 e Londres em 1830) e as primeiras cátedras desta área do conhecimento nas universidades. Porém, precedentemente a esta sistematização, os povos já possuíam em si o saber geográfico, que, segundo Dantas e Medeiros (2011), está mais além que a Ciência Geográfica por estar presente em todas as civilizações e em todos os tempos.

A Geografia está ligada de maneira muito particular às necessidades do referido século. Acontecimentos como a Revolução Industrial⁴, o Êxodo Rural⁵, a Colonização⁶ e a Urbanização⁷ foram temáticas englobadas por esta ciência emergente. “Visava-se, nesta época formar cidadãos patriotas e conhecedores de seus países” (BOUDOU, 2018, p.35), e para isso era necessário conhecimento das condições naturais e sociais.

Assim, a Geografia apresenta-se na sua primeira escola como Clássica ou Tradicional⁸, concebida como aquela que estudava as relações entre o “mundo da natureza e o das sociedades humanas, no contexto darwinista e da cartografia temática dos dados naturais e humanos” (CLAVAL, 2006, p. 34).

Na França, Vidal de La Blache defendia a ideia de que para haver a compreensão de um mapa político de um país era necessário o acompanhamento de um mapa físico, onde a leitura geográfica de um espaço estava condicionada a sobreposição dos dados físicos com dados da Geografia Humana⁹. Apesar da tentativa de conversação entre o físico e o humano, paisagem, região e meio eram conceitos inerentes a esta escola, pois apresentava um caráter particularmente naturalista (CLAVAL, 2006).

A partir da década de 1960, a Geografia passa por revoluções paradigmáticas, em virtude da perda de influência por parte da Geografia considerada Tradicional. Surge então a

³ Alguns historiadores da Ciência Geográfica tomam como data importante o ano de 1871, quando foi organizado o primeiro Congresso Internacional de Geografia, em Anvers – Bélgica (BOUDOU, 2018).

⁴ De acordo com Cavalcante e Silva (2011) este termo é utilizado para se referir a todas as mudanças ocorridas no trabalho industrial que ocorreram na Europa a partir de meados do século XVIII e que trouxeram consequências diversas para o mundo.

⁵ Está relacionado ao movimento migratório das populações do campo em direção aos centros urbanos.

⁶ Processo de ocupação de novos territórios pelos seres humanos com objetivos diversos, sobretudo de habitação e exploração.

⁷ Processo de transformação dos espaços e de suas características rurais em urbanas.

⁸ Considera-se que a Geografia Clássica tenha surgido na Alemanha com os ensinamentos de Kant, Ritter, Ratzel e Humboldt. Na França, esta Geografia foi fundada por Paul Vidal de La Blache (1845-1918).

⁹ Termo dicotomizador já utilizado na Geografia Clássica por Vidal de La Blache.

“Nova Geografia¹⁰” também conhecida como Teorético-quantitativa que destilava fortes críticas à Geografia Clássica e se caracterizava pela utilização de diversos métodos baseados na “medida, na quantificação, na sistemática, na modelização, entre outros” (CLAVAL, 2006, p. 46). De acordo com os pensadores desta escola, a Geografia neste momento encontrava-se apta para responder às necessidades do planejamento urbano e regional, o que novamente expressa a relação sociedade/natureza.

Nesta escola, os conceitos de paisagem, região e meio não resistiram às fortes mudanças de perspectivas e métodos e foram gradativamente sendo substituídos por um único conceito: Espaço (CORRÊA, 1995).

O contexto histórico desta “Nova Geografia” difere bastante da Tradicional, sobretudo pela ocorrência da Guerra Fria e o conflito entre os dois grandes blocos econômicos envolvidos. Muitos problemas de ordem social como racismo, pobreza, problemas urbanos, segregação e outros, culminaram em movimentos populares que abalaram a Nova Geografia enquanto escola de pensamento (MORMUL e ROCHA, 2013).

Surge então a Geografia Crítica ou Radical¹¹ que fazia uma crítica assumida ao sistema capitalista, causador da maioria dos problemas socioeconômicos e que difundia a ideia de que a Geografia deveria servir para transformar o mundo, no sentido de procurar mais justiça, servindo aos pobres e às minorias (MORMUL e ROCHA, 2013).

A posição dos pesquisadores desta escola não deixa de estar atrelada à dialética da relação sociedade/natureza, uma vez que o sistema produtivo gera uma esfera de “monopolização do mercado imobiliário” (FREITAS e VIEIRA NETO, 2018, p. 3), que por sua vez vai definir a valorização do solo urbano, gerando uma divisão social do espaço onde determinadas classes sociais habitam espaços geográficos diferenciados.

A Geografia Fenomenológica, por sua vez, de conteúdos diversos, buscou focar sua atenção sobre o comportamento e atitude dos grupos humanos face ao espaço em que viviam (BOUDOU, 2018), procurando compreender como o ser humano representava mentalmente o espaço em que habita. A interação sociedade/natureza era vista nesta escola através da percepção que o indivíduo possuía do espaço. De acordo com Boudou (2018), esta Geografia ficou conhecida como a Geografia do Espaço Vivido, que teve como um de seus maiores representantes o geógrafo francês Armand Fremont, que publicou um livro intitulado *Região: espaço vivido*, que versa sobre esta nova abordagem da Geografia.

¹⁰ A Nova Geografia teórico-quantitativa desenvolveu-se principalmente na Suécia, nos Estados Unidos e na Grã-Bretanha.

¹¹ Nasce na França, mas logo se expande para os Estados Unidos e a Grã-Bretanha (BOUDOU, 2018).

Por fim, a Geografia Humanista, considerada a mais recente¹² das escolas geográficas focaliza nos estudos dos valores humanos e de suas crenças, que de alguma forma orienta as ações e os comportamentos humanos, sendo a categoria lugar a mais destacada nesta abordagem. (TUAN, 1982; CARVALHO, 2002; BESSA, 2011).

Observando sinteticamente a evolução da Geografia enquanto área do conhecimento (desde sua autonomia), nota-se que esta expressou sua preocupação com a busca da compreensão da relação do ser humano com o meio – entendido como entorno natural- (SUERTEGARAY, 2001), o que a diferenciou das demais ciências. No entanto, por força de seus objetos e classificações, a mesma foi compartimentada em Ciências Sociais e da Natureza (SUERTEGARAY, 2001).

Desde então, a Geografia foi impossibilitada de seguir os caminhos da construção unitária, sendo sempre analisada pelas lentes da compartimentação que a acompanha. De acordo com Suertegaray (2001), a expansão do conhecimento e a chegada da Modernidade com seu aspecto predominantemente racional, promoveu a disjunção, compartimentação e separação do conhecimento em Ciências Naturais e Ciências Sociais.

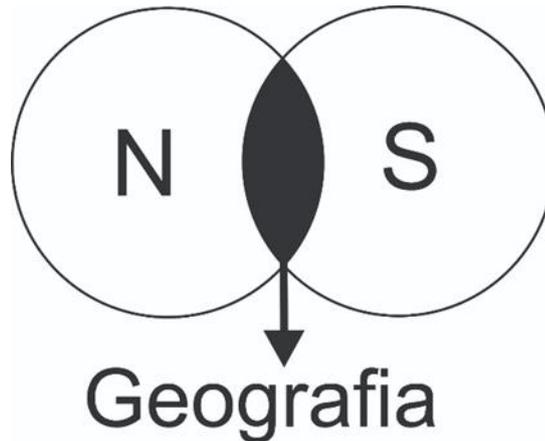
No entanto, a construção do conceito de Espaço Geográfico, permitiu que a Ciência Geografia retomasse as discussões relacionadas à dialética existente entre sociedade-natureza, levando em consideração que,

O Espaço Geográfico é formado por um conjunto indissociável, solidário e também contraditório, de sistemas de objetos e sistemas de ações, não considerados isoladamente, mas como um quadro único na qual a história se dá. No início era a natureza selvagem, formada por objetos naturais, que ao longo da história vão sendo substituídos por objetos fabricados, objetos técnicos, mecanizados e, depois cibernéticos fazendo com que a natureza artificial tenda a funcionar como uma máquina (SANTOS, 2006, p. 39).

Assim, para a compreensão do conceito de Espaço Geográfico, faz-se necessário o entendimento integrador dos objetos, pois, é na relação dos aspectos sociais e naturais que a Geografia encontra seu sentido pleno (Figura 1, p. 35).

¹² É considerada a mais recente, porém suas abordagens são mais antigas. Esta Geografia se desenvolve na década de 1970 em reação à Geografia Marxista que privilegiava o *homo economicus* determinado pelas relações de classe, e à geografia teórica, que valorizava o *homo rationalis*.

Figura 1 - Esquema da Ciência Geográfica como interface entre as Ciências Naturais e Sociais



Fonte: Suertegaray (2001).

Para que o conceito de espaço geográfico seja entendido na sua plenitude, algumas categorias como técnica, tempo, espaço, paisagem e natureza precisam ser analisadas, tendo em vista que elas estão contidas no referido conceito. Tais categorias serão apresentados a seguir de maneira sucinta, pois o intuito não é exaurir as discussões acerca das terminologias, mas nortear a pesquisa quanto às conceituações adotadas.

1.1.1 Técnica, Tempo, Espaço, Paisagem e Natureza

De acordo com Santos (2006), a relação entre a sociedade e a natureza é dada pela técnica¹³. Porém, muitos estudos tratam este fenômeno como externo ao espaço, dando a ideia de que a técnica não pertence ao espaço, a sua constituição e transformação.

Santos (2006) afirma que estudiosos como Lambert, Pinch e Bijker, Joerges, Schaff, Barre e Papon são exemplos de pensadores que têm em suas obras a técnica em segundo plano, pois os mesmos não correlacionam o espaço com a técnica, sendo categorias distintas sem interferência de uma sobre a outra. Porém, para o autor supracitado, estas categorias são integradas, visão esta que levou George a afirmar,

À influência da técnica sobre o espaço se exerce sobre duas maneiras e em duas escalas diferentes: a ocupação do solo pelas infraestruturas das técnicas modernas (fábricas, minas, espaços reservados à circulação) e, de outro lado, as transformações generalizadas impostas pelo uso da máquina e pela execução dos novos métodos de produção e de existência (GEORGE, 1974, p.13).

¹³ Para Santos (2006), as técnicas são um conjunto de meios instrumentais e sociais, com os quais o ser humano realiza sua vida, produz e, ao mesmo tempo, cria espaço.

Para Santos (2006), o primeiro geógrafo a propor com detalhe a consideração da categoria técnica foi Maximilien Sorre, que a defendia como uma categoria abrangente, considerando-a como “tudo o que pertence à indústria e à arte, em todos os domínios da atividade humana” (SORRE, 1948, p. 5). Para Sorre (1948), a técnica não deveria ser entendida estreitamente, apenas na visão maquinicista, industrial e fabril, mas sob a ótica de que todas as atividades humanas estão relacionadas à técnica.

Para o referido autor, as mudanças técnicas estão correlacionadas às geográficas e estas não podem ser dissociadas. Sorre (1948) sugere que os estudos geográficos precisariam levar em conta as técnicas da vida social, as técnicas de energia, as técnicas de conquista do espaço e da vida, as técnicas da produção do espaço e da transformação das matérias-primas. “Só o fenômeno técnico na sua total abrangência permite alcançar a noção de Espaço Geográfico” (SANTOS, 2006, p. 21).

Suertegaray (2001), por sua vez, parte do ideia de que o Espaço Geográfico constitui o conceito basilador da Geografia, e nele ocorre a dialética relação sociedade/natureza. De acordo com a autora sobredita, o referido conceito foi concebido de diferentes maneiras ao longo da evolução do pensamento geográfico.

Assim, Moraes (1998) afirma que Ratzel entendia o espaço como a base indispensável para a vida humana e que o domínio deste é imprescindível para o estabelecimento da história humana. Lefebvre (1991), por sua vez, admite que o espaço não é nem o ponto de partida (espaço absoluto), nem o ponto de chegada (espaço social), mas o lócus da reprodução das relações sociais de produção; e Santos (1996), baseando-se nessa perspectiva, propôs que o Espaço Geográfico deveria ser analisado a partir da estrutura, processo, função e forma (Quadro 1, p.37).

Associada a esta discussão, entende-se que para haver o entendimento das relações do espaço e da técnica é imprescindível a análise da categoria tempo.

O tempo está relacionado com a produção do espaço, com a natureza, com a técnica, com o trabalho, com o modo de produção. O tempo da natureza, também denominado de morfogênese é considerado por Suertegaray e Nunes (2001) como um tempo longo, um tempo que *escoa*.

O tempo morfogenético está atrelado às alterações e aos ritmos da natureza recorrentes de uma dinâmica alheia ao ser humano, em uma manifestação temporal que definimos como geológica (PEDRO, 2008). Já o tempo curto ou tempo que *faz* é denominado

de morfodinâmico, o qual considerando os ritmos e alterações da natureza somam a eles a capacidade de intervenção humana.

Quadro 1 - Conceituação necessária para a compreensão do espaço em Milton Santos

Estrutura	Natureza social e econômica de uma sociedade. É a matriz social onde as formas e funções são criadas e justificadas.
Processo	É uma ação que se realiza de modo contínuo. Ele ocorre no âmbito de uma estrutura social e econômica.
Função	Atividade a ser desempenhada pelo objeto, ou seja, a forma.
Forma	Aspecto visível de um objeto, seja visto isoladamente ou em conjunto, formando um padrão espacial.

Fonte: Santos (1985).

Por esta razão, a abordagem desta categoria nos assuntos integrados e dialéticos é basilar, pois é no tempo que tudo se inicia.

A articulação de tempos presentes, tempos de ciclos ecológicos e tempos geológicos é um grande desafio. O fenômeno estudado deve ser considerado como parte de uma construção permanente que considera a história geológica e a história dos ecossistemas contemporâneos. O método que possibilite interrogar os tempos da sociedade e os tempos das mudanças naturais é de grande utilidade. A imbricação de espaços e de tempos diferentes leva ao exercício da reinterpretação relacional das realidades complexas da produção do espaço, processo no qual as técnicas assumem papéis importantes e constantemente renovados (COELHO, 2018, p.31).

Santos (2006), ao discorrer sobre esta relação tempo/espaço/técnica, afirma que

O espaço geográfico contém técnicas que nele permanecem como autorizações para fazer isto ou aquilo, desta ou daquela forma, neste ou naquele ritmo, segundo esta ou outra sucessão. Tudo isso é tempo. O espaço distância é também modulado pelas técnicas que comandam a tipologia e a funcionalidade dos deslocamentos. O trabalho supõe o lugar, a distância supõe a extensão; o processo produtivo direto é adequado ao lugar, à circulação é adequada à extensão. Essas duas manifestações do espaço geográfico unem-se, assim, através dessas duas manifestações no uso do tempo. As técnicas participam na produção da percepção do espaço, e também da percepção do tempo, tanto por sua existência física, que marca as sensações diante da velocidade, como pelo seu imaginário (SANTOS, 2006, p. 34).

Apesar de as técnicas estarem associadas ao espaço e todos juntos com o tempo, existe outra categoria geográfica fundamental para esta discussão. Levando em consideração

que o espaço geográfico é onde se desenvolve a dialética relação sociedade/natureza, a paisagem, por sua vez, é a materialização dessa relação.

As categorias paisagem e espaço não são sinônimas. De maneira bem elementar, Santos (2006) define o primeiro como um conjunto de formas que, num dado momento, exprimem as heranças que representam as sucessivas relações existentes entre ser humano e a natureza, e o espaço é representado pelas formas associadas à vida que as anima.

Cabe mencionar que a paisagem não é concebida apenas desta forma como expõe Santos (2006). Desde os primórdios este conceito é discutido e várias associações são relacionadas a ele¹⁴. Porém, para se chegar à conceituação atual, muitos estudos e discussões foram realizadas a respeito do tema, pois desde os primórdios, o conceito de paisagem mostrou-se impreciso e polissêmico (BERTRAND, 2004; PASSOS, 2008), desde as conceituações do senso comum até as acadêmicas em cada esfera do conhecimento.

O conceito de paisagem tem sido muito discutido, ao longo dos últimos anos, por vários autores, que em geral relacionam a origem do termo ao período mais clássico de sua interpretação, evoluindo para análises mais modernas e chegando ao conceito mais recente de Paisagem Integrada (GUERRA e MARÇAL, 2014, p. 102).

Em função do caráter polissêmico, diferentes ideias sobre esta categoria foram sendo concebidas nas mais diversas esferas do conhecimento e na Ciência Geográfica não foi diferente.

Lefebvre (1972) ressalta a relação existente entre o espaço e a paisagem. Para ele o espaço é um aspecto fundamental da “segunda natureza”, consequência da prática social sobre a base material que constitui a “natureza primeira”.

Nunes (2002) denomina esta segunda natureza, que é a paisagem recriada, como paisagem alterada, onde o relevo serve de suporte físico ou recurso, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico e social, sendo considerada como um espaço produzido, representando o fruto da dinamicidade entre os processos físicos e os agentes sociais atuantes.

¹⁴ Charles Darwin foi considerado por Geraldino (2016) como um geógrafo antes mesmo da Geografia se institucionalizar como disciplina, pois a sua atenção para a organização dos seres vivos e para os efeitos da paisagem sobre as formas de vida o tornaram um geógrafo nato. Em sua tese intitulada “A questão da Geografia na ‘origem das espécies’ de Charles Darwin”, Geraldino (2016) aponta que a leitura realizada por Darwin a respeito da paisagem caminhava para além do natural, do sentido contemplativo e romântico da natureza. Este defendia que o outro lado da paisagem precisava ser observado, “o sombrio, a competição ferrenha por recursos, a destruição das formas” (GERALDINO, 2016, p. 124). Ao olhar a paisagem sobre esta perspectiva Darwin encontrou a dinâmica promotora da alteração das formas.

Assim, o tempo adquire fundamental importância na análise da paisagem envolvendo as transformações do relevo. É por meio dele que as alterações da paisagem são percebidas, e é por meio da técnica que a paisagem alterada ganha forma.

Nesta pesquisa, entende-se que a paisagem existe através dos processos e suas formas criadas e recriadas¹⁵ em momentos históricos diferentes, porém coexistindo no momento atual, sendo transtemporal, em uma associação de elementos passados e presentes, uma construção transversal. No Quadro 2, página 40, estão dispostos alguns autores que conceituam a paisagem sobre esta perspectiva, a paisagem alterada.

A paisagem alterada resultante das intervenções antrópicas, onde o registro de cada geração deixa marcas significativas (positivas ou não), expressa claramente o diálogo existente entre a sociedade e a natureza.

Sabendo que os agentes produtores do espaço urbano se utilizam da técnica, que a paisagem alterada é a materialização da relação espaço-técnica e que o tempo operacionaliza tudo isto, seja no tempo que escolhe ou no tempo que faz, o que dizer da natureza?

Dentre as categorias abordadas, é a partir desta que se entende, de forma clara, como foi instaurado o processo dialético entre o físico e o humano. Por esta razão, as demais categorias foram abordadas inicialmente, pois todos estão ligadas a esta última.

De acordo com Pedro (2008), a categoria natureza em sua gênese era totalizadora, porém em um dado momento deixou de expressar a totalidade e passou a abordar a dualidade, processo que se deu ao longo do desenvolvimento civilizatório do conhecimento. Em sua dissertação, a autora trabalha a concepção de *physis*¹⁶ e a partir desta faz uma breve evolução¹⁷ da categoria natureza.

¹⁵ Nesta pesquisa entende-se que a paisagem primeira é criada pelas forças endógenas e exógenas da Terra e que estas modelagens são recriadas pelas atividades humanas e climáticas que ao longo do tempo que escolhe e do tempo que faz vão deixando marcas – heranças – nessa paisagem que está sempre em constante processo de recriação. Assim adota-se aqui a categoria Paisagem Alterada de Nunes (2002).

¹⁶ A natureza compreende tudo aquilo que existe.

¹⁷ Levando em consideração que a natureza partiu de uma concepção de totalidade e na atualidade encontra-se dicotomizada, pode-se considerar que a categoria passou por um processo involutivo.

Quadro 2 - Alguns conceitos de paisagem sob a ótica da relação sociedade/natureza

ANO	AUTOR	DEFINIÇÃO
1999	Polette	A paisagem é definida como um sistema territorial composto por componentes e complexos de diferentes amplitudes formados a partir da influência dos processos naturais e da atividade modificadora da sociedade humana, que se encontra em permanente interação e que se desenvolvem historicamente.
2002	Monteiro	A paisagem é uma entidade espacial delimitada segundo o nível de resolução do pesquisador, a partir dos objetivos centrais da análise de qualquer modo, sempre resultado da integração dinâmica e, portanto, instável dos elementos de suporte e cobertura (físicos, biológicos e antrópicos) expressa em partes delimitáveis infinitamente, mas individualizadas, através das relações entre elas que organizam um todo complexo (sistema) verdadeiro conjunto solidário em perpétua evolução.
2003	Ab'Saber	A paisagem ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades.
2004	Bertrand	A paisagem é o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.
2006	Tropmair e Galina	A paisagem é composta da estrutura, das inter-relações e da dinâmica que ocorrem em uma determinada área; é um fato concreto, uma unidade real e integrada e “é a fisionomia do próprio Geossistema”.
2007	Rodriguez, Silva e Cavalcanti	A paisagem é um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antropogênicas. Um sistema que reproduz recursos; como um meio de vida e da atividade humana; como um laboratório natural e fonte de percepções estéticas.

Organização: França (2018).

Alguns acontecimentos contribuíram para que a *physis* perdesse seu conceito totalizador¹⁸ e pouco a pouco a natureza que antes a tudo englobava passou a apresentar-se “desumanizada ou uma natureza não humana” (GONÇALVES, 2006, p.31), carregando em si apenas o conceito de aspectos físicos do planeta. Em seus estudos Pedro (2008) concluiu que foi na era judaico-cristã que a natureza apresentou-se ainda mais oposta ao conceito humano e social, uma vez que as populações estavam tomadas pela concepção de um deus que é soberano e que criou os seres humanos à sua imagem e semelhança. Essa concepção torna os humanos seres superiores à natureza, sendo gestores, senhores e possuidores dela.

¹⁸ De acordo com Gonçalves (2006) um dos acontecimentos que contribuíram para tal foi à postura de pensadores precedentes a Platão e Aristóteles que expressavam pensamentos não filosóficos, míticos, o que levou a desqualificação destes.

Essa concepção já incorporou em si mesma a dialética sociedade/natureza, onde a última é vista como um produto, matéria-prima, algo pra benefício e lucro, um meio para se atingir um fim.

Logo, o sentido da *physis* se perdeu ao longo do tempo, a ideia de natureza enquanto totalidade, onde o ser humano era intrínseco a ela. A concepção que foi sendo desenvolvida e que se mantêm hoje é que o ser humano não faz parte do ambiental, que não estão inseridos na natureza, sendo o ser humano colocado por muitos estudiosos como um agente modificador¹⁹, quando na verdade ele está incluso em todo este processo.

No processo de produção do espaço geográfico, com a utilização da técnica, a natureza se humaniza e o ser humano se naturaliza, estando a forma historicamente determinada em cada situação (BERNARDES e FERREIRA, 2014).

Marx (1985) afirma que todas as relações sociais estão mediadas por elementos naturais e vice-versa, são sempre relações dos seres humanos entre si e com a natureza; o que significa que a natureza é uma categoria social e a sociedade uma categoria natural (BERNARDES e FERREIRA, 2014).

Na Ciência Geográfica, todas estas categorias ganham forma e espaço, as quais geram na mente humana reflexões, que resultam em discussões a respeito dos paradigmas envolvidos sobre a dialética sociedade/natureza.

Apesar de muitos estudiosos tentarem compartimentar esta ciência e enfatizar a sua “dualidade”, ela é uma ciência integradora, que conversa sobre a totalidade planetária, os problemas socioambientais pretéritos e atuais, levando em consideração o modo de produção existente, o “desenvolvimento”, o relevo, as manifestações sociais e tudo que engloba a relação sociedade/natureza.

Dentre as diversas temáticas existentes, as pesquisas relacionadas aos ambientes tecnogênicos, riscos e vulnerabilidades²⁰ tratam deste aspecto integrador da Geografia. Estes temas têm evidenciado a ação humana sobre os compartimentos geomorfológicos, os solos, as águas e sobre a sua própria existência, quando se trata de desastres e áreas vulneráveis a algum fenômeno natural.

¹⁹ Particularmente este termo remete a algo excluído daquilo que está sendo modificado. Logo esta terminologia coloca o ser humano à parte da natureza.

²⁰ Neste texto, defende-se que estas novas temáticas em Geografia definem-se como a materialização da relação existente entre a sociedade e natureza, pois, nos depósitos tecnogênicos têm-se os vestígios da atividade humana em um tempo pretérito ou atual impressos sobre os solos e as formas de relevo. E as vulnerabilidades, bem como os riscos só existem porque o ser humano está incluído e perdas sociais são contabilizadas.

Neste sentido, a seguir realiza-se uma reflexão sobre a temática da Vulnerabilidade, considerado neste trabalho como um tema norteador e que representa a integralidade e a concretização da relação existente nos estudos geográficos.

1.2 Vulnerabilidade ou Vulnerabilidades? Uma Discussão Conceitual

Nos últimos 30 anos, a ideia de vulnerabilidade²¹ vem sendo discutida nas mais diversas esferas, sob diferentes olhares e perspectivas, incluindo também o senso comum que a sociedade possui deste termo.

Este tema apresenta um caráter multifacetado, devido às inúmeras abordagens, situações e sistemas em que ele é aplicado, desconsiderando aqui as similaridades com os conceitos de risco, perigo, fragilidade, susceptibilidade e sensibilidade, que tornam a utilização do termo ainda mais complexa. A ausência de um consenso na conceituação exata do termo dificulta o pleno entendimento do mesmo e permite que cada pesquisador o utilize conforme as necessidades de seu trabalho. Este fato amplia ainda mais as divergências conceituais existentes.

De acordo com Taylor e Butterfield (2011), é na Geografia que a ideia de vulnerabilidade ganha valor científico, mais especificamente no campo da Geografia dita Física²², na abordagem dos desastres naturais, clima e temas afins como risco de inundação, de erosão dos solos, vulnerabilidade a perda dos solos *etc.* No entanto, esta temática expandiu-se e tem sido tratada nas ciências naturais, sociais, médicas, econômicas, políticas, entre outras.

Cutter (2011) define a vulnerabilidade como o potencial para perda, ou em outras palavras, corresponde ao “grau de susceptibilidade de um sistema em sofrer prejuízos” (TAYLOR e BUTTERFIELD, 2011, p. 01). No entanto, estas são definições genéricas, levando em consideração toda a discussão conceitual sobre o tema e o percurso científico que tem se estabelecido nas últimas três décadas.

Uma das referências pioneiras na definição de vulnerabilidade data de 1980 com o trabalho intitulado “*The assessment of community vulnerability to acute hazardous materials incidentes*” da autoria de Tom Gabor e Terry K. Griffith. A perspectiva trabalhada pelos autores supracitados está relacionada às noções de risco e eventos perigosos, e sob esta mesma ótica, Cutter

²¹A etimologia de vulnerável vem do latim *vulnerabilis* que significa “que causa lesão” e remete ao antepositivo *vulner*, o qual indica “ferida” e é semanticamente conexo com o grego *trâuma*, *atos*. Logo, constata-se que o sentido de vulnerabilidade tem uma conotação negativa e está relacionado sempre com perdas (SAITO, 2011).

²² Apesar da proposta da pesquisa ser o resgate do caráter integralizador dos estudos geográficos, é preciso ressaltar em que abordagem geográfica o conceito começou a ser utilizado.

(1996), levando em consideração a evolução do conhecimento, elencou 19 definições acerca da vulnerabilidade (Quadro 3).

Quadro 3 - Definições de vulnerabilidade sob a perspectiva do risco/perigo

ANO	AUTOR	CONCEITO
1980	<i>Gabor and Griffith</i>	<i>Vulnerability is the threat (hazardous materials) to which people are exposed (including chemical and ecological status of communities and their level of readiness for emergencies). Vulnerability is the risk of contexto.</i>
1981	<i>Carpenter</i>	<i>Vulnerability is the degree to which a system acts negatively to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of adverse reactions are conditioned by the resilience of a system (a measure of the system's ability to absorb and recover from the event).</i>
	<i>Timmerman</i>	<i>Vulnerability is the degree to which a system acts adversely to the occurrence of a hazardous event. The degree and quality of the adverse reaction are conditioned by a system's resilience (a measure of the system's capacity to absorb and recover from the event).</i>
1982	<i>UNDRO</i>	<i>Vulnerability is the degree of loss to a given element or set of elements at risk resulting from the occurrence of a natural phenomenon of a given magnitude.</i>
1985	<i>Kates</i>	<i>Vulnerability is the 'capacity to suffer harm and react adversely'.</i>
	<i>Pijawka and Radwan</i>	<i>Vulnerability is the threat or interaction between risk and preparedness. It is the degree to which hazardous materials threaten a particular population (risk) and the capacity of the community to reduce the risk or adverse consequences of hazardous materials releases.</i>
1989	<i>Bogard</i>	<i>Vulnerability is operationally defined as the inability to take effective measures to insure against losses. When applied to individuals, vulnerability is a consequence of the impossibility or improbability of effective mitigation and is a function of our ability to detect the hazards.</i>
	<i>Chambers</i>	<i>Vulnerability refers to exposure to contingencies and stress, and difficulty in dealing with them. The vulnerability therefore has two sides: one side external risks, shocks and stress to which an individual or family is subject; and an internal side which is defenseless, that is, the lack of means to cope without damaging loss.</i>
	<i>Mitchell</i>	<i>Vulnerability is the potential for loss.</i>
1992	<i>Dow</i>	<i>Vulnerability is the differential capacity of groups and individuals to deal with hazards, based on their positions within physical and social worlds.</i>

	<i>Smith</i>	<i>Risk from a specific hazard varies through time and according to changes in either (or both) physical exposure or human vulnerability (the breadth of social and economic tolerance available at the same site).</i>
1993	<i>Alexander</i>	<i>Human vulnerability is a function of the costs and benefits of inhabiting areas at risk from natural disaster.</i>
	<i>Watts and Bohle</i>	<i>Vulnerability is defined in terms of exposure, capacity and potentiality. Accordingly, the prescriptive and normative response to vulnerability is to reduce exposure, enhance coping capacity, strengthen recovery potential and bolster damage control (i.e., minimize destructive consequences) via private and public means.</i>
1994	<i>Blaikie et al</i>	<i>By vulnerability we mean the characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural hazard. It involves a combination of factors that determine the degree to which someone's life and livelihood are put at risk by a discrete and identifiable event in nature or in society.</i>
1995	<i>Dow and Downing</i>	<i>Vulnerability is the differential susceptibility of circumstances contributing to vulnerability. Biophysical, demographic, economic, social and technological factors such as population ages, economic dependency, racism and age of infrastructure are some factors which have been examined in association with natural hazards.</i>
1996	<i>Cutter</i>	<i>The vulnerability is designed both as a biophysical risk and as a social response, but within a geographical area or specific area. This may be the geographical area where vulnerable people and places are located, or the social space - who in these places is more vulnerable.</i>
1997	<i>IPCC</i>	<i>Vulnerability is defined as the extent to which a natural or social system is susceptible to damage caused by climate change. The vulnerability is a function of the sensitivity of a system to changes in climate and the ability to adapt the system to changes in climate. In this context, a highly vulnerable system would be highly sensitive to modest changes in climate.</i>
2000	<i>Cutter et al.</i>	<i>In general, the vulnerability is the potential for loss of property or life environmental risks.</i>
2002	<i>Kasperson et al.</i>	<i>Vulnerability is the degree to which a person or drive system can suffer damage due to exposure to disturbances or stress.</i>

Fonte: Cutter (1996); Taylor e Butterfield (2011).

Taylor e Butterfield (2011), por sua vez, utilizando-se do mesmo pensamento, acrescentaram mais conceituações na lista e promoveram uma subdivisão dos conceitos em categorias, levando em consideração o risco, o perigo, a ecologia, política e economia (Quadro 4).

Quadro 4 - Definições de vulnerabilidade sob a perspectiva ecológica, econômica, política e de resiliência

ANO	AUTOR	CONCEITO
1984	<i>Susman et al.</i>	<i>Vulnerability is the degree to which different classes of society are differentially at risk.</i>
1990	<i>Liverman</i>	<i>Distinguishes between vulnerability as a biophysical condition and vulnerability as defined by political, social and economic conditions of society. She argues for vulnerability in geographic space (where vulnerable people and places are located) and vulnerability in social space (who in that place is vulnerable).</i>
1991	<i>Downing</i>	<i>Vulnerability has three connotations: it refers to a consequence (e.g., famine) rather than a cause (e.g., drought); it implies an adverse consequence (e.g., maize yields are sensitive to drought; households are vulnerable to hunger); and it is a relative term that differentiates among socioeconomic groups or regions, rather than an absolute measure of deprivation.</i>
1993	<i>Cutter</i>	<i>Vulnerability is the likelihood that an individual or group will be exposed to and adversely affected by a hazard. It is the interaction of the hazards of place (risk and mitigation) with the social profile of communities.</i>
1994	<i>Bohle et al</i>	<i>Vulnerability is best defined as an aggregate measure of human welfare that integrates environmental, social, economic and political exposure to a range of potential harmful perturbations. Vulnerability is a multilayered and multidimensional social space defined by the determinate, political, economic and institutional capabilities of people in specific places at specific times.</i>
	<i>Cannon</i>	<i>Vulnerability is a measure of the degree and type of risk exposure generated by different companies of the dangers. Vulnerability is a characteristic of individuals and groups of people living in a given natural environment, social and economic, within which they are differentiated according to its variable position in society in individuals and more or less vulnerable.</i>
2001	<i>Carpenter, Walker, Anderies and Abel</i>	<i>Vulnerability defined as the opposite of resilience where resilience is "the ability of a system to suffer disturbance and maintain their function and control".</i>

Fonte: Taylor e Butterfield (2011).

Apesar das inúmeras divergências, os autores concordam que a vulnerabilidade envolve aspectos físicos e abstratos, colocando em jogo aspectos ambientais, técnicos, econômicos, psicológicos, sociais e políticos (CUTTER, 2011; VEYRET e RICHEMOND, 2013; AQUINO; PALETTA; ALMEIDA, 2017). Por esta razão, os estudiosos têm privilegiado uma perspectiva, a fim de melhor entender os fenômenos que se apresentam e assim realizarem uma abordagem específica, como é o caso da vulnerabilidade natural, vulnerabilidade social, vulnerabilidade socioambiental e mais especificamente nesta pesquisa a vulnerabilidade ambiental.

1.2.1 Vulnerabilidade Natural

Simões *et al.* (1999, p. 4) salienta que “[...] o conhecimento da vulnerabilidade natural²³ é fundamental para prever o comportamento futuro dos sistemas naturais diante do processo de ocupação e adensamento da atividade social”.

Igawa e Maciel (2018), por sua vez, entendem que esta vulnerabilidade indica o grau de susceptibilidade de uma determinada área a sofrer prejuízos. Porém, em termos mais concretos, o que é a vulnerabilidade natural?

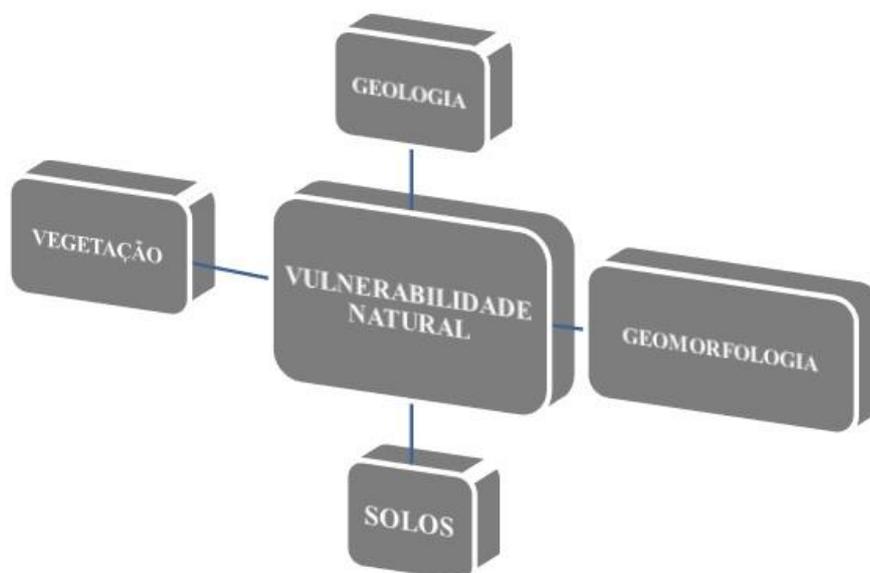
De acordo com os autores que defendem a existência da vulnerabilidade natural, trata-se da análise das condições naturais do ambiente, a susceptibilidade dos elementos naturais a determinados processos naturais. Alguns autores, como Becker e Egler (1996), afirmam ainda que, esta concepção está baseada no princípio da Ecodinâmica de Tricart (1977), considerando os processos de morfogênese e pedogênese a partir da análise dos solos, rocha matriz, vegetação e relevo (Figura 2, p.47).

Grigio (2003) mapeou a vulnerabilidade natural do município de Guimarães a partir da análise da suscetibilidade²⁴ dos elementos naturais em sofrer prejuízos, sem a interferência antrópica. O referido autor realizou o cruzamento dos mapas de unidades geomorfológicas, geologia, associação de solos e vegetação baseando-se no conceito de estabilidade de cada unidade considerando o conceito de Ecodinâmica de Tricart (1977).

²³ A apresentação do conceito é necessária para a discussão, no entanto, é importante ressaltar que neste texto, a análise dos elementos naturais é classificada como fragilidade, baseando-se nas ideias de Ross (1992).

²⁴ De acordo com Silva e Araújo (1994), susceptibilidade é a tendência ou probabilidade de uma localidade ser atingida por algo sob condições ou cenários pré-estabelecidos por meio de simulações. Neste trabalho não será realizada discussões sobre este termo, uma vez que, o objetivo é discutir as vulnerabilidades existentes e não os termos que são associados a elas.

Figura 2 - Representação das variáveis que compõe a vulnerabilidade natural segundo Grigio (2003)



Organização: França (2018).

O autor supracitado estabeleceu pesos para as características por ele analisadas e cruzou as informações em pares: geomorfologia/geologia e associação de solos solos/vegetação. Posteriormente cruzou os dois mapas resultantes dos cruzamentos anteriores e calculou a média aritmética dos valores de vulnerabilidade natural de cada classe. O resultado adquirido foi distribuído em seis classes de vulnerabilidade natural.

Partindo destes pressupostos e dos autores que defendem a existência da vulnerabilidade natural, pode-se inferir que a mesma está relacionada aos aspectos naturais da paisagem²⁵ (BECKER e EGLER, 1996; SIMÕES *et al*, 1999; GRIGIO, 2003; SANTOS e SOBREIRA, 2008; SOUZA *et al*, 2010; FUSHIMI, 2012; ZANELLA, 2011; KLAIS *et al*, 2012; JÁCOME, 2016; ROVONI e VIEIRA, 2016; IGAWA e MACIEL, 2018).

1.2.2 Vulnerabilidade Social

Enquanto a vulnerabilidade natural está associada aos elementos físicos do ambiente (geologia, geomorfologia, solos e vegetação)²⁶, a vulnerabilidade social, por sua vez, está mais direcionada para as condições humanas, e por isso, sua análise é ainda mais complexa.

Fushimi (2012), realizando um levantamento sobre as concepções de vulnerabilidade, afirma que apesar do uso da terminologia ser corrente, somente nos últimos

²⁵ Para outra linha de pesquisadores este conceito está associado à fragilidade ambiental.

²⁶ Para os pesquisadores que defendem esta linha de pesquisa.

dezessete anos, a ideia de vulnerabilidade social foi estudada de maneira mais analítica, sendo a pobreza e as diversas modalidades de desvantagem social, alguns dos assuntos abordados nessa temática. A autora afirmou ainda que os primeiros estudos relacionados a este tema estavam voltados para as condições vulneráveis da população em geral.

Assim, a vulnerabilidade social é construída pela sociedade e definida com base na perspectiva dos grupos sociais, afirma Fushimi (2012). Quando as expectativas são baixas, maior é a tendência a aceitarem as condições presentes que, diante de outras circunstâncias, são inaceitáveis (ACSELRAD, 2006), como é o caso dos residentes em áreas de risco.

Rodriguez (2001) declara que há um estreito vínculo entre a situação microssocial (elementos de diversas naturezas das famílias, que podem contribuir para a mobilidade social ou, melhorar as condições de vida dos indivíduos) e macrossocial (disponibilidade de estrutura para as famílias e seus membros) dos indivíduos e que a vulnerabilidade social consiste no desajuste entre essas duas dimensões (Figura 3).

Figura 3 - Representação esquemática das variáveis da vulnerabilidade social segundo Rodriguez (2001)



Organização: França (2018).

De acordo com Rodriguez (2001), a falta de elementos ou a indisponibilidade de estruturas geram “desvantagens sociais” que afetam negativamente o desempenho das comunidades, famílias e pessoas, resultando em menor acesso aos recursos e ao conhecimento, o que por sua vez, gera menor capacidade de gerenciar recursos e oportunidades que a sociedade deve disponibilizar para o desenvolvimento de seus cidadãos.

As famílias ou pessoas com pouco capital humano, com ativos produtivos escassos, pouco acesso à informação e às habilidades sociais básicas, com falta de relações pessoais e com pouca capacidade para manejar seus recursos, estão em condições de vulnerabilidade diante de qualquer mudança ocorrida em seu entorno imediato (RIBEIRO, 2009, p. 11).

Cannon *et al.* (2003) admite que a vulnerabilidade social é uma configuração complexa de características que incluem bem estar pessoal, meios de subsistência, resistência a eventos adversos, autoproteção e redes políticas, sociais e institucionais.

Para a ISDR – *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (2004), a vulnerabilidade social está associada ao nível de bem-estar de indivíduos, comunidades e da sociedade, o que inclui aspectos relacionados ao grau de instrução, escolaridade, segurança e políticas públicas, respeito aos direitos humanos, igualdade social, entre outros.

Hill e Cutter (2001), por sua vez, afirmam que as características demográficas de diferentes grupos sociais os fazem mais ou menos susceptíveis aos impactos negativos de um evento extremo.

Baseado nisto, pode-se afirmar que em termos gerais, a vulnerabilidade social é constituída por desigualdades sociais estando diretamente relacionada aos padrões sociais e a capacidade de resposta e ajustes ao perigo²⁷ e/ou *álea*²⁸ que cada grupo social possui. Trata-se da capacidade que as famílias têm de mobilizar ativos, escassos ou não, para enfrentar as adversidades (MARANDOLA JR e HOGAN, 2006; CARTIER *et al.*, 2009; RIBEIRO, 2009; ALMEIDA, 2010a; ALMEIDA, 2010b; GOERL, KOBİYAMA e PELLERIN, 2011; VEYRET e RICHEMOND, 2013).

1.2.3 Vulnerabilidade Ambiental

No que tange à vulnerabilidade ambiental, Costa *et. al.* (2007) afirmam que pode ser compreendida como o risco de degradação do ambiente natural, relacionado à erosão do solo, perda de biodiversidade, assoreamento, contaminação do recurso solo, água *etc.*, e que pode ser agravado por fatores antropogênicos.

Figueiredo *et. al.* (2007, p. 400), por sua vez, afirmam que a vulnerabilidade ambiental está “relacionada com a susceptibilidade de uma área em sofrer prejuízos quando submetida a uma determinada ação antropogênica”.

²⁷ Este termo é utilizado em diversas ocasiões e assim como a vulnerabilidade apresenta confusões conceituais. Porém, neste trabalho não se fará uma discussão relacionada a esta terminologia. De acordo com Veyret e Richemond (2013) o termo equivalente em inglês para perigo é *hazard*. Alguns autores utilizam o termo “perigo” para definir as consequências objetivas de uma *álea* sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente. Fato potencial e objetivo.

²⁸ *Álea* – acontecimento possível; pode ser um processo natural, tecnológico, social, econômico e sua probabilidade de realização. Se vários acontecimentos são possíveis, fala-se de um conjunto de *áleas* (VEYRET e RICHEMOND, 2013).

Figueiredo (2017), por sua vez, entende a vulnerabilidade ambiental como a susceptibilidade de um sistema à degradação ambiental e considera três aspectos importantes neste conceito:

- A exposição do sistema às pressões ambientais típicas de atividades agroindustriais, avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema;
- A sensibilidade do sistema às pressões exercidas, avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico próprias de uma região (tipo de solo, clima, vegetação) que já ocorrem antes de qualquer perturbação e que interagem com as pressões;
- A capacidade de resposta do meio, avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas (FIGUEIREDO, 2017, p.15).

Sob a perspectiva de Tagliani (2003, p.42), a ideia de vulnerabilidade ambiental é entendida como o “grau de exposição que determinado ambiente está sujeito a diferentes fatores que podem acarretar efeitos diversos”, sendo os impactos e/ou riscos gerados, derivados ou não das atividades socioeconômicas.

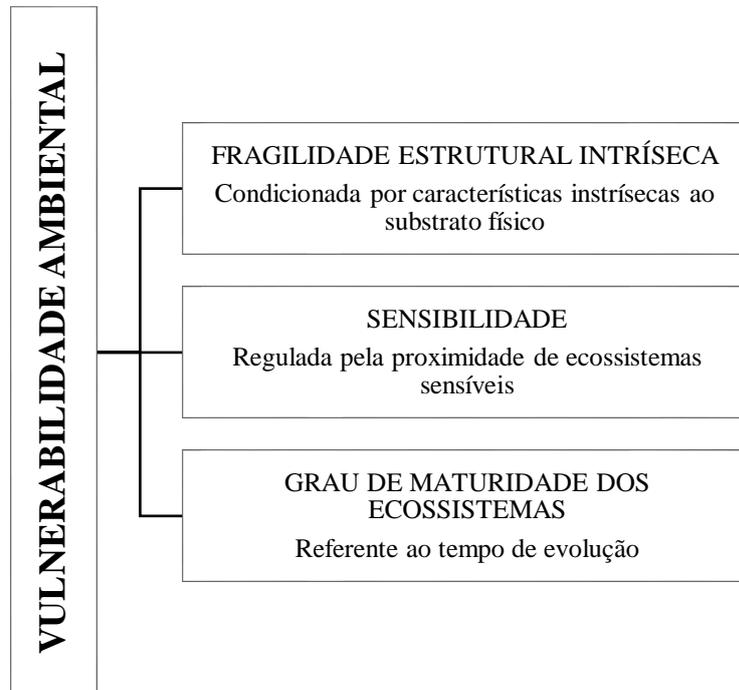
Este autor pressupõe que o entendimento da vulnerabilidade ambiental está associado à compreensão primária de três variáveis essenciais, sendo elas a **Fragilidade Estrutural Intrínseca** – que está relacionada às características do substrato físico, sendo condicionada por estas características; **Sensibilidade** – que é regulada pela aproximação dos sistemas sensíveis e o **Grau de Maturidade dos Ecossistemas** – que é referente ao tempo de evolução (Figura 4, p.51).

Considerando os autores aqui citados e as demais leituras realizadas, adota-se neste trabalho a concepção de vulnerabilidade ambiental como à relação dos aspectos físicos do ambiente (fragilidade) com as formas de uso e cobertura da terra da área que será estudada²⁹.

Nesta pesquisa, será adotada a perspectiva da vulnerabilidade ambiental, uma vez que, se entende a ideia de vulnerabilidade indissociável da sociedade/atividade humana. Logo, defende-se que para que haja vulnerabilidade faz-se necessária a presença do ser humano. Neste trabalho, o uso e cobertura da terra corresponde à variável social.

²⁹ No que diz respeito aos aspectos naturais nos estudos de vulnerabilidade, existem duas linhas conceituais. Uma considera que a análise cruzada dos elementos do meio físico (vegetação, solos, geologia, geomorfologia *etc*) correspondem a vulnerabilidade natural do ambiente e outra considera este cruzamento como a fragilidade do ambiente. Para os autores desta segunda linha conceitual a fragilidade diz respeito à susceptibilidade natural do ambiente físico. Ross (1994, 1995 e 1997) propõe o estudo do relevo, tipo de solo, cobertura vegetal, tipos de uso da terra e pluviosidade como variáveis na análise integrada da fragilidade ambiental.

Figura 4 - Representação esquemática das variáveis da vulnerabilidade ambiental segundo Tagliane (2003)



Organização: França (2018).

Sob esta perspectiva, em termos gerais a vulnerabilidade ambiental é oriunda da correlação entre a fragilidade dos aspectos naturais associada as alterações realizadas na paisagem pelo ser humano. Neste sentido faz-se necessário entender quem ocupa e remodela os compartimentos geomorfológicos e como esta esculturação se dá.

1.3 A Produção do Espaço Urbano e sua Relação com a Compartimentação Geomorfológica

Inicialmente a Geomorfologia foi compreendida como a ciência “que se ocupa das formas da Terra” (PENTEADO, 1983, p. 1), sendo esta uma definição ligada à noção conflitante entre Geografia Física e Humana e de ser uma ciência autônoma dentro da primeira área.

Porém, com a expansão do conhecimento e o avanço das discussões sobre a relação sociedade/natureza, a Geomorfologia passou a ser compreendida como uma ciência que integra aspectos relacionados aos conhecimentos das atividades sociais e ambientais, fundamentais aos estudos e pesquisas voltados às ações de caráter aplicativo (GUERRA e MARÇAL, 2014).

Sobre esta perspectiva, Pedro (2008) discorrendo sobre a compartimentação do relevo, afirma que o ser humano ao se instalar sobre o mesmo inicia a aceleração dos processos geomorfológicos, que por sua vez, causam alterações no equilíbrio natural que desencadeia

impactos diversos. As relações políticas, econômicas e sociais (ser humano/ser humano) implicam na apropriação do relevo (ser humano/natureza) e esta relação gera impactos, sobretudo negativos.

Este panorama tem sido ampliado com a intensificação do processo de urbanização, que é gerido pelo modo de produção³⁰ de cada sociedade.

A cidade revela as maneiras pelas quais a sociedade se organiza no território, constituindo-se na maior modificação do ambiente natural. Como essa alteração tem sido mais veloz do que a dinâmica dos processos físicos, ela contribui fortemente para criar e ampliar os riscos que, em numerosas situações, se transformam em desastres (NUNES, 2015, p. 15).

A relação da urbanização com o ambiente natural é desigual, conturbada, com desconsideração das características e dos ritmos dos processos físicos, com profundas implicações na vulnerabilidade das pessoas e fragilidade dos lugares (NUNES, 2015).

A expansão dos centros urbanos, determinada pela demanda de áreas e pelas restrições políticas que redirecionam o uso da terra, está fortemente associada à vulnerabilidade da população, pois em muitos casos esse avanço se dá em direção a ambientes frágeis, como florestas, encostas e mananciais. Além disso, esse avanço torna os deslocamentos da população mais longos, causam maior poluição e consumo de energia e contribui para as heterogeneidades intraurbanas com áreas insuficientemente integradas. Desigualdades e desarranjos são fatores que pesam na vulnerabilidade e nos desastres, pois os lugares não são equipados da mesma maneira, nem as pessoas têm a mesma ideia de como agir e a quem recorrer caso aconteça algo. Características intrínsecas aos centros urbanos, como concentração populacional de aparatos, mobilidade e crescimentos desiguais, também concorrem para o aumento das catástrofes e da vulnerabilidade das pessoas (NUNES, 2015, p.15-16).

Muitas transformações ocorridas na natureza estão relacionadas ao tempo que *escoa*, porém no espaço urbano, a paisagem alterada está relacionada ao tempo que *faz*, onde os agentes produtores do espaço urbano como o Estado, os proprietários fundiários, os proprietários dos meios de produção, sobretudo os grandes industriais, os promotores imobiliários e os grupos sociais excluídos são os responsáveis por tais transformações (CORRÊA, 1995; TABARIN, 2017).

Assim a fixação de residências por determinadas pessoas em certos compartimentos do relevo não se caracteriza unicamente por uma escolha, mas pelas condições que são impostas pela sociedade, no tempo presente, como também aquelas que se realizaram no passado.

Esse cenário de desigualdades é denominado de Espaço Urbano, que de acordo com Corrêa (1989, p. 08) é caracterizado como “o reflexo de ações que se realizam no presente como

³⁰ É a combinação das “forças de produção” e as “relações de produção” correspondentes a certo período ou sociedade historicamente localizada, referindo-se a maneira pela qual os seres humanos produzem coletivamente os seus meios de subsistência e se associam economicamente em sociedade (BARROS, 2010).

também daquelas que se realizaram no passado e que deixaram suas marcas impressas nas formas espaciais do presente”.

É no espaço urbano que se concretizam as relações sociais e a reprodução da sociedade, caracterizando-se pela fragmentação territorial, que reflete a divisão da sociedade em classes, além de um conjunto de distintos usos da terra (TABARIN, 2017). O centro da cidade, os locais de concentração comercial, dos serviços, lazer, de área industrial, residencial e reservas representam a fragmentação territorial e social deste espaço.

Tais agentes destacam-se na concretização da expansão da cidade e das modificações da paisagem. Suas ações são mediadas por interesses que se refletem na produção do espaço urbano gerando fenômenos como a segregação socioespacial, a valorização desigual do solo urbano e a carência de infraestrutura³¹ (TABARIN, 2017).

Nessa perspectiva, vale ressaltar que, a produção do espaço urbano se materializa amparada no relevo e que a cidade é o resultado da dinâmica social por meio da produção³² que abrange também a dinâmica ambiental (PEDRO, 2008). A produção “perpassa por várias esferas de análise: o político, o econômico, o cultural, o social e o ambiental. Sua base física está estruturada a partir de um relevo, que é apropriado de forma desigual e combinada”. (NUNES e SILVA NETO, 2002, p. 61).

Assim, Pedro (2008) enfatiza que as desigualdades começam a ser expressas nas formas, ou seja, na materialização dos processos que levam à diferenciação da ocupação. Essas desigualdades são geradas a partir da forma como se dá o processo de produção do espaço urbano por meio dos agentes produtores do espaço, sendo algumas classes privilegiadas em detrimento de outras.

[...] os grandes latifundiários urbanos e os promotores imobiliários – são mais beneficiados pelos investimentos em infraestrutura e serviços, bem como na rentabilidade de seus investimentos (como a valorização de seu bairro ou imóvel), e certos grupos sociais (massa de trabalhadores e não proprietários) são prejudicados ou até mesmo impossibilitados de ter acesso a essa mesma infraestrutura e serviços. Esta lógica engendra a fragmentação material das cidades capitalistas, onde há bairros de luxo e favelas, mansões e cortiços, transporte público precário e transporte privado majestoso, parques e lixões, água tratada para uns e esgoto a céu aberto para outros (DAMIÃO, 2014, p. 59).

³¹ A infraestrutura inclui os sistemas de saneamento básico e drenagem, energia e iluminação pública, comunicações e sistema viário, prevendo a manutenção e a expansão das diversas instalações e sua interferência na ordenação do espaço (WATANABE, 2010).

³² A produção é um ato exclusivo da sociedade que expressa por meio de suas ações a concretização de produtos em geral, num processo de elaboração típica do ser humano envolvendo a apropriação, a transformação, a modelagem, criando um produto típico para o consumo (LEFEBVRE, 1972).

Logo, o espaço urbano é um lugar de contradições, onde de um lado se tem grandes estruturas e do outro, ausência de investimentos. Uma fragmentação espaço-temporal que desenha as relações atuais.

Para Damiano (2014), essa fragmentação espaço-temporal se expressa pela própria matriz da sociedade de classes e processos, pois a cidade capitalista é reflexo da sociedade capitalista e “o equilíbrio social e de organização espacial não passa de um discurso tecnocrático, impregnado de ideologia” (CORRÊA, 1989, p. 12), bem como o discurso da ocupação desordenada³³.

A apropriação da primeira natureza realizada pela sociedade, transforma, molda, dá significado e função diferenciada a cada elemento natural. Após os processos ligados à apropriação, transformação, modelagem, significação e funcionalidade, têm-se como produto final uma segunda natureza como consequência da produção (PEDRO, 2008). Essa segunda natureza é também denominada de paisagem alterada por Nunes (2002).

Assim, essa paisagem alterada constituída dentro do espaço urbano passa a ter valor³⁴, sendo os compartimentos geomorfológicos destinados a diversas funções a partir da apropriação dos mesmos pelos agentes produtores do espaço urbano.

Sob o processo de acumulação, o capitalismo deve expandir-se continuamente para sobreviver enquanto modo de produção, ocorrendo a apropriação da natureza e sua transformação em meios de produção em escala mundial. Com a produção da natureza nessa escala, a relação com a natureza passa a ser, antes de mais nada, uma relação de valor de troca: é a partir da etiqueta do preço que se coloca, na mercadoria que se determina, o destino da natureza, passando a relação com a natureza a ser determinada pela lógica do valor de troca (BERNARDES e FERREIRA, 2014, p. 21).

Na cidade, o relevo é utilizado como mercadoria, e seus compartimentos são analisados do ponto de vista do modo de produção capitalista. Sobre isso, Caseti ressalta que a vertente, que é um compartimento geomorfológico, no sistema de produção capitalista é visto como um recurso.

No sistema de produção capitalista a vertente se caracteriza como suporte ou recurso, como nas demais formas de relações possíveis. Contudo, existe uma diferença substancial determinada pela propriedade privada, que faz da vertente uma “mercadoria” e como tal, submetida a especulação ou exploração de uso que ultrapassa o limiar de capacitação ou mesmo recuperação (CASSETI, 1991, p.88).

³³ Nos estudos urbanos muito se tem repetido a expressão “ocupação desordenada”. No entanto, analisando o processo de produção do espaço e os agentes produtores do mesmo, é possível refletir sobre o fato do “desordenado” não ser tão desordenado assim, mas condicionado pelos fatores sociais e econômicos da sociedade capitalista. Possuindo assim um ordenação nos bastidores da vida real.

³⁴ Conceito fundamental da economia política que designa o atributo que dá aos bens materiais sua qualidade de bens econômicos. (SANDRONI, 2000 p.625).

Assim, dentro do espaço urbano os compartimentos geomorfológicos passam de suporte natural para ser propriedade privada, atribuindo-se valor a ele. Os agentes produtores do espaço apropriam-se das morfologias e a instalação de determinados serviços sob os compartimentos acumulam valor, o que permite a supervalorização de uns em relação a outros.

Nas áreas urbanizadas, o processo de ocupação espacial é diferenciado, dependendo do valor econômico, ou ainda, definido pela ganância dos midas do capitalismo, que equiparam ao “padrão-ouro” o metro quadrado da terra. Assim, evidenciam-se os contrastes entre espigões e favelas, dos bairros ricos e bairros pobres, a ocupação de áreas estáveis e permissíveis, a implantação de edificações e ao mesmo tempo, ocupação de áreas de risco, consideradas “clandestinas” (fundos de vales ou vertentes de fortes declives). Deve-se observar, ainda, que muitas vezes as grandes incorporadoras transformam tais espaços de risco em verdadeiras áreas “aprazíveis”, como o aterro de determinados compartimentos, como várzeas ou mesmo áreas pantanosas (como a região de mangue de Cubatão-Guarujá), que se constituem exclusivamente em extensividade do espaço-mercadoria”, independentemente das condições de segurança. (CASSETI, 1991, p.88).

Neste sentido, as diferentes formas de ocupação do relevo refletem um jogo de interesses sociais, e a paisagem alterada evidencia essa relação desigual da sociedade. A paisagem não é uniforme, ela reflete o grupo social que está predominando naquele espaço.

De acordo com Pedro (2008), o valor que um compartimento geomorfológico recebe dita a sua utilidade. A sua importância para a sociedade, e a produção do espaço urbano é o processo que influencia na valorização destes compartimentos.

Mediante todas as relações existentes no ambiente urbano, entendendo a produção do espaço e que o relevo é a base material em que os agentes de produção atuam, novos estudos foram sendo elaborados para o melhor entendimento dessa relação. Assim, a Geomorfologia foi subdividida em várias subáreas, onde uma destaca-se por procurar compreender “em que medida as transformações do meio físico, causadas pelo ser humano podem ser responsáveis pela aceleração dos processos geomorfológicos” (GUERRA e MARÇAL, 2014, p. 29) – a Geomorfologia Urbana.

1.3.1 Geomorfologia Urbana e os Meios Morfodinâmicos

Segundo Jorge (2011), a Geomorfologia Urbana³⁵ procura compreender os fatores do meio físico, combinados com as atividades humanas e os impactos gerados. É uma subárea da Geomorfologia que responde às contradições perpetuadas entre a natureza e a sociedade,

³⁵ A Geomorfologia Urbana é uma subárea da Geografia que procura analisar as relações e contradições da sociedade/natureza. Aspectos do relevo, produção do espaço urbano, alteração da paisagem, apropriação/ocupação do relevo, perfil socioeconômico da população ocupante, histórico e impactos resultantes são questões que precisam ser abordadas nesta análise.

uma vez que esta última constrói um espaço diferenciado do natural, por meio da técnica. Essa construção é ditada pelo modo de produção vigente que no caso do capitalismo, privilegia alguns em detrimento de outros.

As ações da sociedade resultam na construção de um espaço com características próprias, sendo um reflexo do avanço da ciência e das técnicas. As ações humanas são conduzidas de acordo com os interesses políticos, econômicos e sociais, que se expressam no espaço por meio das formas (as edificações e construções em geral) e das decisões (leis, interesses, relações de poder *etc.*) tomadas pelos setores públicos e privados (PEDRO, 2008, p. 34).

Essa apropriação do relevo está vinculada a ação dos agentes imobiliários³⁶ que priorizam unidades geomorfológicas com melhores condições topográficas, como é o caso dos tabuleiros com topos planos, por exemplo.

Nestes compartimentos que interessam o mercado imobiliário tem-se a incorporação de infraestrutura, que culmina na valorização dessa unidade geomorfológica, sendo assim apropriada por pessoas de maior poder aquisitivo, com imóveis de alto padrão.

Os compartimentos com ausência de investimentos e infraestrutura, tais como os fundos de vale ou vertentes com altos declives, possuem um baixo valor de uso, o que resulta na ocupação destes, geralmente por pessoas com baixo poder aquisitivo. Essa valoração dos compartimentos do relevo é ditada pelos agentes produtores do espaço urbano.

É nesse ambiente de urbanização/ e ou urbano que a vulnerabilidade é expressa, pois os fatores morfogenéticos e morfodinâmicos ganham novo ritmo no tempo que *faz* e a aceleração dos processos é constante, juntamente com a produção de novas formas, como é o caso dos relevos tecnogênicos³⁷.

Tricart (1977) levantou a discussão acerca dos meios morfodinâmicos incluindo a ação antrópica, sobretudo nos meios fortemente instáveis e salientou que a existência da degradação antrópica caracterizava-se como um dos fatores para a preponderância da morfogênese. Sua contribuição foi de suma importância para as atividades acadêmicas, pois, enfatizou a dinamicidade dos processos e das unidades ecodinâmicas.

Neste sentido, a realização desta análise configura-se como primordial nos estudos geomorfológicos que procuram retomar a relação sociedade-natureza, pois, deve-se constantemente ressaltar que, apesar de ser alterada pela sociedade, a natureza em si é mutante, possuindo dinâmicas próprias. Para Tricart (1997), estudar o espaço é identificar “...como uma

³⁶ Indivíduo que possui licença para negociar e providenciar vendas imobiliárias; trabalha para um corretor imobiliário ou direto com o proprietário, sendo um especulador ou incorporador.

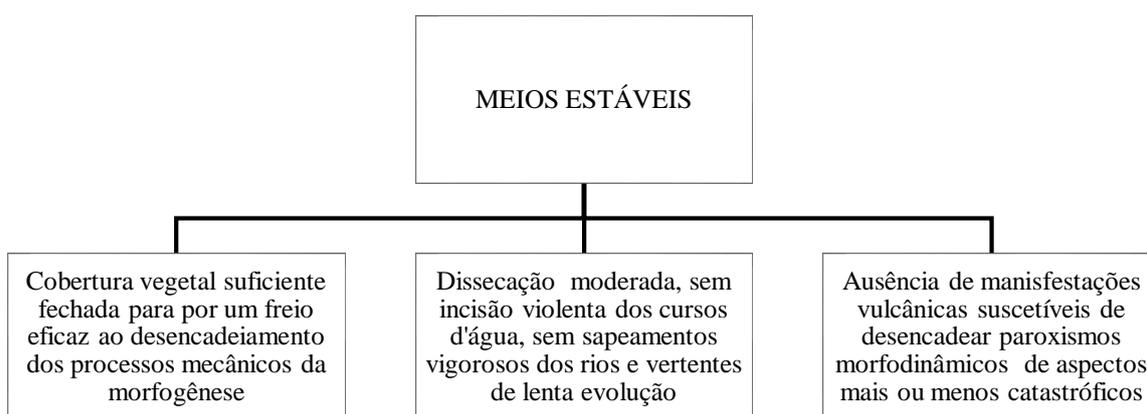
³⁷ Relevos tecnogênicos são aqueles formados pela atividade humana ou aqueles que perderam sua configuração original devido às interferências antrópicas (CASTRO e SILVA, 2014).

ação se insere na dinâmica natural, seja para corrigir aspectos desfavoráveis, seja para explorar recursos que a natureza oferece ao ser humano” (TRICART, 1977, p. 35).

1.3.2 Os Meios Estáveis, *Intergrades* e Fortemente Instáveis

Os meios morfodinâmicos estáveis são caracterizados pela lentidão e constância de suas evoluções oriundas da permanência de combinações de fatores no tempo, predominando a pedogênese. Para a existência destes meios são necessárias algumas condicionantes, as quais estão dispostas na Figura 5.

Figura 5 - Representação esquemática das variáveis dos meios morfodinamicamente estáveis, segundo Tricart (1977)



Fonte: Tricart (1977); Fushimi (2012) organizado por França (2018).

Estes meios morfodinâmicos encontram-se equilibrados, porém podem ser perturbados, sobretudo se o princípio de conservação vegetal não for seguido. Em ambientes com características de crescimento demográfico e ocupação, a dinâmica pode ser modificada ao ponto de serem considerados como meios *intergrades*³⁸ ou fortemente instáveis.

Os meios morfodinâmicos *intergrades* são intermediários e são a passagem contínua e gradual de um meio estável para fortemente instável. Baseando-se em Tricart (1977), Fushimi afirma que,

Os meios morfodinâmicos *intergrades* são caracterizados pela coexistência e interferência permanente da morfogênese e da pedogênese em um mesmo espaço, onde todos os termos de transição são possíveis e flexíveis, levando-se em consideração a complexidade dos fenômenos naturais. As interferências pedogenéticas são mais perturbadas em função da intensidade das atividades morfogenéticas (FUSHIMI, 2012, p. 42).

³⁸ Nomenclatura tomada do vocabulário geológico para designar uma transição (FUSHIMI, 2012).

De acordo com Tricart (1977), estes meios são mais delicados e sensíveis à ampliação, podendo evoluir para meios instáveis, cuja exploração³⁹ fica comprometida.

Os meios fortemente instáveis, por sua vez, são predominados pela morfogênese e os demais elementos naturais estão subordinados a ela. Para que um meio seja colocado como fortemente instável, precisa atender a alguns condicionantes, os quais estão apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Representação esquemática das variáveis dos meios morfodinâmicos fortemente instáveis, segundo Tricart (1977)



Fonte: Tricart (1977) organizado por França (2018).

De acordo com os conceitos de biostasia e resistasia desenvolvidos por Erhart (1966), quando o ambiente encontra-se em equilíbrio, ou é caracterizado como um meio morfodinâmico estável ele está em situação de biostasia, porém quando ele está desequilibrado ou é um meio morfodinâmico fortemente instável ele é resistásico.

Em termos práticos, Casseti (1991) aponta que, quando não existe interferência antrópica ou sendo esta mínima, a vertente estará revestida por cobertura vegetal, bem como os canais fluviais e nascentes estarão protegidos pela mata ciliar. Em ambientes que as alterações da paisagem são bruscas e constantes, a dinâmica natural é alterada bem como os processos geomorfológicos. A vertente é desmatada para a construção de vias e outros usos; em sua

³⁹ Extrair proveito dos recursos naturais de uma determinada área (DICIONÁRIO AURÉLIO, 1988).

maioria, modifica-se a geometria das morfologias, através de cortes de taludes e aterros de canais fluviais. Assim, a vertente e as áreas aplainadas são impermeabilizadas, as áreas de planície, fundos de vale e terraços são alteradas e ocupadas, o solo perde suas características naturais devido à dinâmica social impressa neste.

O ciclo hidrológico é modificado, a precipitação que outrora infiltrava, agora esco superficialmente com mais velocidade devido a impermeabilização. O lençol freático, nascentes e aquíferos perdem significativamente em seu abastecimento, uma vez que grande parte das águas pluviais esco superficialmente, gerando alagamentos e enxurradas em locais diversos. Sob estas condições, têm-se um ambiente resistásico, o ambiente urbano.

Tratando-se do estudo da Geomorfologia Urbana, onde a cidade é o local de alterações constantes e a morfodinâmica da paisagem é diversa, entende-se que os meios fortemente instáveis estão representados por este ambiente urbano, além de outros.

Nunes e Fushimi caracterizam os meios fortemente instáveis principalmente pela,

[...] interferência da sociedade na natureza, tanto em ambientes urbanos quanto rurais, quando ocorrida de modo desordenado sob o aspecto ambiental, sem práticas conservacionistas nem manejo ambiental adequado, pode proporcionar paisagens degradadas e meios morfodinâmicos instáveis e vulneráveis às manifestações erosivas, principalmente lineares, como sulcos, ravinas e voçorocas (NUNES e FUSHIMI, 2013, s/pág.).

Devido à intervenção antrópica constante, no ambiente urbano os processos morfodinâmicos são acelerados, intensos e frequentes, causando um estado de desequilíbrio do ambiente natural.

Partindo disto, salienta-se a necessidade do estudo da morfodinâmica da paisagem nas áreas urbanas, onde as respostas geomorfológicas⁴⁰, bem típicas das cidades em expansão, são constantes e rápidas frente às alterações da paisagem, tais como: movimentos gravitacionais de massa, enchentes, inundações, alagamentos e enxurradas.

Assim, entende-se que a proposta de Tricart (1977) é referencial nos estudos relacionados à vulnerabilidade dos ambientes e que quando aplicada ao meio urbano pode contribuir significativamente para o melhor gerenciamento das cidades. No Brasil, Ross (1997), com base nessa proposta analítica, porém com adaptações significativas, desenvolveu trabalhos sobre a estabilidade dos meios, as zonas de equilíbrio e as unidades ecodinâmicas.

⁴⁰ Termo utilizado por Guerra e Marçal (2014).

Em geral, os estudos relacionados às ações da sociedade sobre o meio natural ocasionando eventos prejudiciais que desestabilizam o ambiente e tornam os agentes sociais vulneráveis, têm em Tricart (1977) e Ross (1997) suas bases fundamentais.

Estes autores são as referências basilares desta presente pesquisa, levando em consideração a abordagem metodológica que permite a integração dos aspectos humanos e físicos.

Levando em consideração que esta pesquisa procura compreender a dinâmica da relação sociedade /natureza sob a ótica da vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, faz-se necessário abordar questões do ambiente urbano que favorecem a ocorrência desses fenômenos.

1.3.3 Drenagem Urbana

Partindo dos pressupostos que vêm sendo discutidos ao longo deste trabalho, pode-se considerar o ambiente urbano como o lugar de maior concretização da relação sociedade/natureza, uma vez que os impactos positivos e negativos são mais expressos e visualizados neste espaço.

A ocupação urbana se dá sobre um substrato físico, o qual é desconfigurado em seus aspectos naturais para atender às necessidades do grupo social instalado e, em geral, as bacias hidrográficas são os sistemas diretamente afetados pela urbanização.

Na busca de novos espaços para a ocupação, o ser humano alterou profundamente os rios, tornando-os “urbanos”. As bacias hidrográficas urbanas são, portanto, marcadas pela diminuição do tempo de concentração de suas águas e pelo aumento dos picos de cheias, quando comparadas as condições anteriores à urbanização (BOTELHO, 2011, p.73).

Uma vez iniciado o processo de urbanização de uma determinada bacia hidrográfica, fenômenos hidrológicos pertencentes a este sistema são potencializados e tendem a causar prejuízos de ordem material e imaterial à população residente, pois, a ausência de planejamento do espaço urbano produz efeitos diretos na infraestrutura deste espaço.

Fenômenos como enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos são considerados comuns no meio urbano e nas últimas três décadas muito se tem produzido e debatido a respeito destes eventos no Brasil e no mundo. As enchentes e inundações são fenômenos naturais pertencentes à dinâmica das bacias hidrográficas, porém, nas cidades, têm tomado proporções desastrosas.

Faz-se necessário destacar que os quatro eventos supracitados não são sinônimos embora muitas vezes confundidos. Enquanto as enchentes e inundações estão diretamente relacionadas ao canal fluvial, as enxurradas e alagamentos estão associados ao sistema de drenagem urbana, independentemente do leito fluvial (Figura 7 e Quadro 5).

Figura 7 - Representação esquemática da ocorrência dos eventos enchente, inundação e alagamento no ambiente urbano



Fonte: Viana (2019).

Quadro 5 - Diferenciação dos conceitos de enchente, inundação, enxurrada e alagamento

Fenômeno	Definição
Enchente	É definida pela elevação do nível d'água no canal de drenagem devido ao aumento da vazão, atingindo a cota máxima do canal, porém, sem extravasar.
Inundação	Representa o transbordamento das águas de um curso d'água, atingindo a planície de inundação ou área de várzea.
Enxurrada	É escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.
Alagamento	É um acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem.

Fonte: Tominaga (2009).

No caso das enchentes e inundações, inúmeras famílias são afetadas devido à instalação de suas residências nas áreas do leito maior e leito maior excepcional. Além deste,

muitos outros fatores contribuem para o agravamento destes fenômenos⁴¹. Porém, neste trabalho serão analisadas apenas as situações de alagamentos, os quais estão diretamente relacionados à ausência ou ineficiência do sistema de drenagem urbana⁴².

De acordo com Tucci (2005), a drenagem urbana envolve a rede de coleta de água⁴³ que se origina devido à precipitação sobre as superfícies urbanas, o seu tratamento e o seu retorno ao rio. A rede de drenagem urbana, por sua vez, corresponde ao conjunto de caixas, tubos, galerias *etc* – que promovem a drenagem dessas águas, sendo elas superficiais ou subsuperficiais.

O primeiro grupo é caracterizado pela presença de componentes visíveis e que direcionam e captam a água do escoamento superficial tais como boca de lobo, sarjetas, estradas carroçáveis⁴⁴ e guias⁴⁵. O segundo, por sua vez, corresponde aos componentes internos responsáveis pelo destino da água que é captada pelos componentes de superfície, tais como a galeria, a cortina drenante ou de drenagem e o dreno (Figura 8, p. 63).

De acordo com Watanabe (2010) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2006), faz-se necessário que todos os cidadãos possuam esclarecimentos quanto aos componentes do sistema de drenagem urbana, para que estes não sejam confundidos, uma vez que possuem funções distintas.

De acordo com estudos realizados nos últimos cinco anos constatou-se que a população tem dificuldades para distinguir os componentes do sistema de drenagem superficial, tratando-os como sinônimos. Por esta razão, far-se-á uma breve diferenciação destes componentes (Figura 9, p.64).

⁴¹ Muitas são as situações que contribuem para o agravamento das enchentes e inundações afetando pessoas anualmente em todo o Brasil. Além das pessoas se instalarem em áreas inadequadas para uso, a canalização da drenagem é uma prática péssima e generalizada, mesmo representando custos muito altos e geralmente tendem a aumentar o problema. Outra questão é a desatualização quanto à visão ambiental por parte dos engenheiros que atuam no meio urbano, pois, geralmente buscam soluções estruturais, que alteram o ambiente, com excesso de áreas impermeáveis e consequentes aumentos de temperatura, fenômenos hidrológicos, poluição, entre outros.

⁴² De acordo com Moraes (2016) o sistema de drenagem urbana corresponde a instalação de alguns componentes superficiais e subsuperficiais. No primeiro grupo estão a pavimentação das vias, guias e sarjetas, sarjetão, grelhas, escada hidráulica, piscinões, piscininhas, córregos, bocas de lobo, guia e caixa de drenagem e no segundo têm-se as cortinas de drenagem, tubulações, galerias e drenos.

⁴³ A rede de drenagem urbana deveria coletar apenas a água, mas em função de diversas questões, também recebe resíduos sólidos.

⁴⁴ Corresponde a pavimentação das vias.

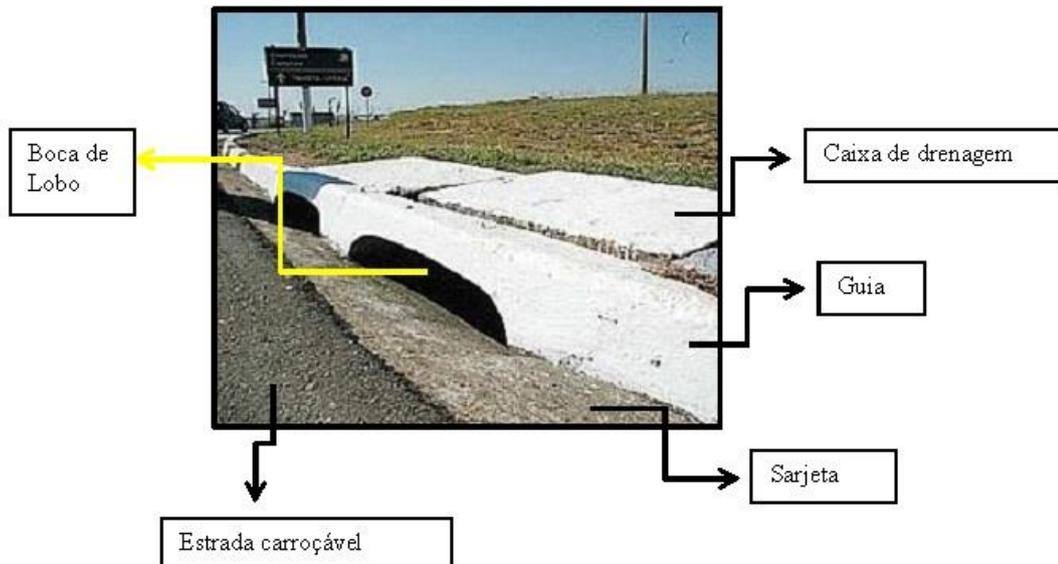
⁴⁵ Popularmente conhecido como meio-fio.

Figura 8 - Componentes do sistema de drenagem superficial e sub-superficial

TIPO	DESCRIÇÃO	REPRESENTAÇÃO
SUPERFICIAIS		
Boca de Lobo de Guia	Trata-se de uma abertura que é fechada com um pré-moldado especial chamado de guia chapéu.	
Boca de Lobo de Sarjeta	É produzida com um aço pré-fundido ou de concreto podendo ser simples de encaixe ou com dobradiça, são instaladas na sarjeta.	
Bueiro	É a passagem que é construída por tubos ou galerias para a passagem da água (pluvial, fluvial, ou esgotamento) por baixo de rodovias e ferrovias.	
Poço de vista ou Poço de inspeção	São poços verticais e geralmente arredondados dotados de tampas que servem para a entrada de pessoas para fazer a manutenção da rede.	
SUBSUPERFICIAIS		
Cortina de drenagem	São placas permeáveis de concreto ligadas entre si por uma armação treliçada, por onde a água percola e chega até a galeria através de um dreno.	
Galeria	Abertura por onde é feita a remoção do material sólido cariado pela enxurrada ou na lavagem semanal da via pública, como garrafas, latas de refrigerante, embalagens,	
Dreno	Dispositivo que promove a drenagem de um local.	

Fonte: Watanabe (2010), DNIT (2006). Organização França (2019).

Figura 9 - Representação esquemática de alguns equipamentos do sistema de drenagem urbana



Fonte: Google (2018) organizado por França (2018).

O dispositivo instalado na via pública para promover a drenagem das águas da via é denominado de Boca de Lobo, o qual pode ser classificado em Boca de Lobo de Guia e de Sarjeta. Para o escoamento das águas, estas tipologias não apresentam diferença, porém são inseridas conforme a morfologia e a necessidade dos locais urbanos (WATANABE, 2010).

O Bueiro, por sua vez, não deve ser confundido com a boca de lobo. De acordo com Watanabe (2010) este componente tem por finalidade proporcionar o escoamento das águas pluviais, fluviais ou de esgotamento sanitário por meio de tubos, por baixo das rodovias e ferrovias. Este também não deve ser confundido com o poço de vistas ou de inspeção, o qual, é um equipamento vertical cuja principal finalidade é a entrada de indivíduos para realizar a manutenção da rede de esgoto (Figura 10).

Figura 10 - Poço de vistas ou de inspeção – A: Poço de vistas fechado em uma rua; B: Técnico realizando atividades de manutenção no poço de vistas



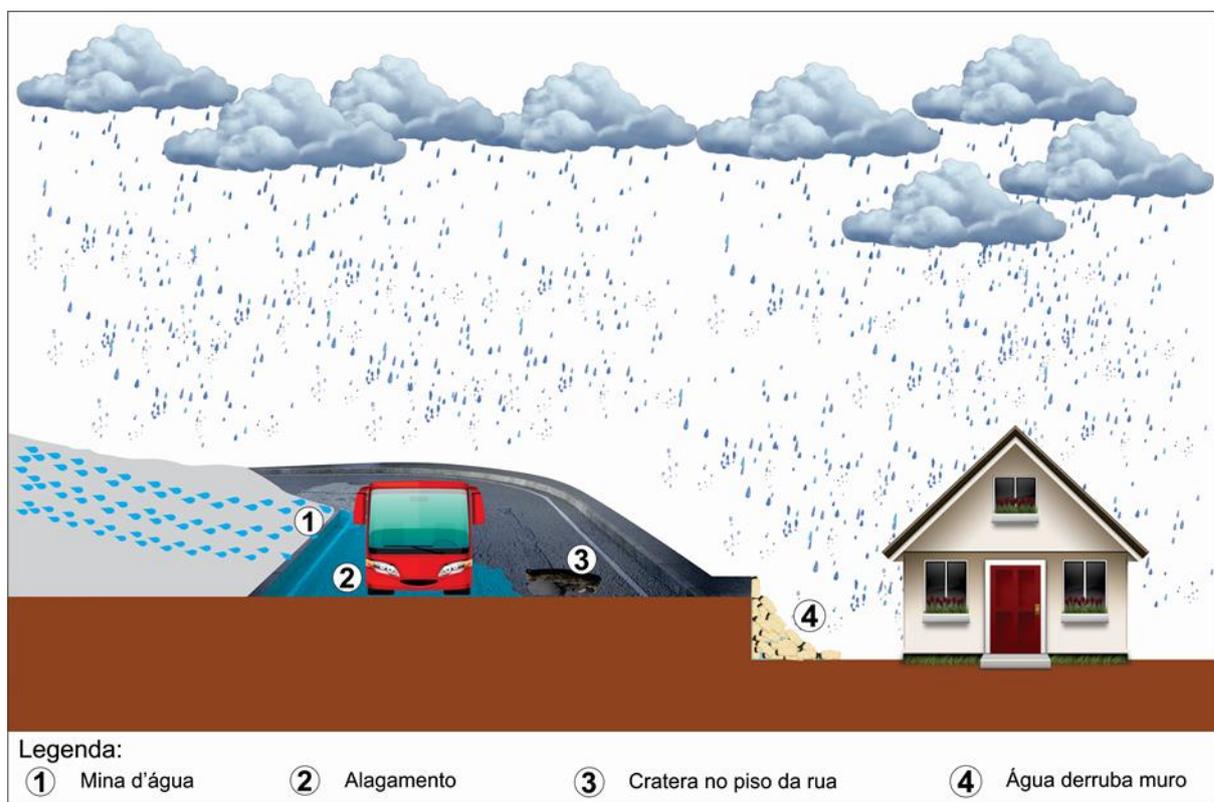
Fonte: Google (2018).

As sarjetas correspondem à superfície onde a água pluvial escoará. Por esta razão, elas precisam ser dimensionadas, em termos de inclinação e largura, para que todo o fluxo resultante do evento pluviométrico consiga escoar por ela sem que haja a invasão na estrada carroçável (WATANABE, 2010; MORAES, 2016).

Em ambientes urbanos, esse sistema de drenagem precisa ser eficaz para que a mobilidade urbana, a saúde e a segurança⁴⁶ das populações sejam mantidas. Em um ambiente onde não há sistema de drenagem, no momento em que ocorre um evento pluviométrico, parte da água escoar superficialmente e outra subsuperficialmente⁴⁷, o que pode gerar poças.

Dependendo da declividade do terreno, grandes quantidades de água podem ser direcionadas para um único local causando prejuízos, tais como o desmoronamento de muros, residências, crateras nas avenidas, ravinamentos e voçorocamentos em áreas de solo exposto, alagamentos comprometendo o trânsito veicular e de pedestres *etc.* (Figura 11).

Figura 11 - Representação esquemática do ambiente urbano com ausência do sistema de drenagem



Fonte: Viana (2019).

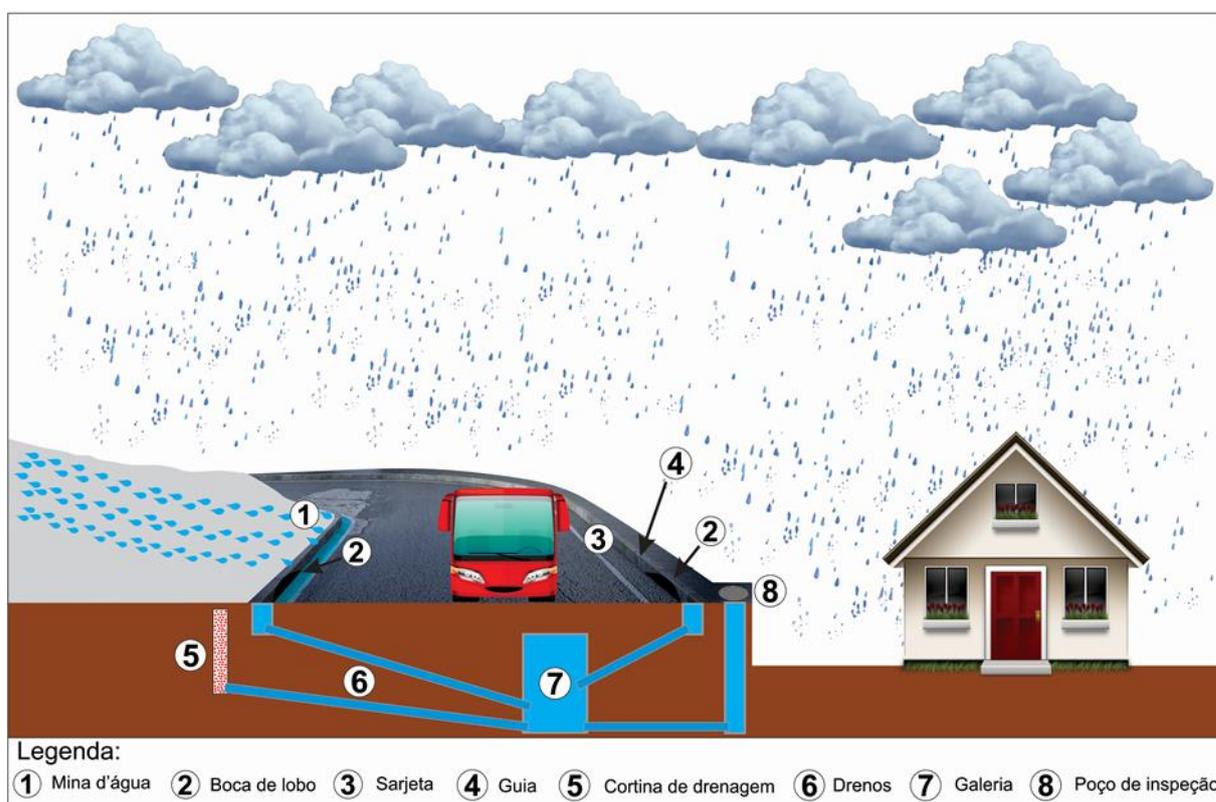
⁴⁶ Segurança relativa à ocorrência de eventos hidrológicamente desastrosos.

⁴⁷ Dependendo do nível de impermeabilização e compactação do solo.

Em casos mais críticos têm-se perdas materiais nas residências como móveis, eletrodomésticos e eletroeletrônicos, quando as águas pluviais se elevam demorando escoar, ocorrendo a entrada de fluxo hídrico nas moradias.

Por outro lado, se o mesmo espaço possuir infraestrutura e um sistema de drenagem eficaz, as águas pluviais serão captadas pelos componentes urbanos e transtornos urbano-ambientais serão evitados, pois os acúmulos das águas pluviais serão insignificantes para causar desajustes na dinâmica urbana (Figura 12).

Figura 12 - Representação esquemática do ambiente urbano com sistema de drenagem



Fonte: Viana (2019).

Teoricamente em áreas onde o sistema de drenagem funciona eficientemente a acumulação de águas pluviais é inexistente, uma vez que, após a precipitação a mina d'água formada na estrada carroçável segue paralelamente a guia sendo captada pelas bocas de lobo, sendo direcionadas pelos drenos até a galeria onde serão despejadas em um local apropriado para o tratamento da água.

Periodicamente esse sistema sub-superficial deve ser vistoriado pelo técnico responsável através dos poços de inspeção, evitando transtornos urbano-ambientais, tais como esgoto estourado.

Porém, quando os componentes do sistema de drenagem urbana não funcionam ou inexistem, a qualidade de vida da população fica comprometida frente aos eventos pluviométricos. Os fenômenos de alagamentos tornam-se frequentes e dependendo da magnitude e duração do evento, perdas materiais e/ou imateriais podem ocorrer.

É neste quadro que o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio está inserido. Por se tratar de uma área onde os bairros implantados são resultado de ocupação espontânea⁴⁸, muitos deles não apresentam infraestrutura ou sistema de drenagem urbana.

Em virtude deste histórico, constatou-se que nos últimos dez anos os alagamentos têm afetado os habitantes desta área de estudo, comprometendo a qualidade de vida das pessoas através de doenças de veiculação hídrica, perda de bens diversos, comprometimento da mobilidade urbana e outros.

No próximo capítulo estão detalhados os caminhos percorridos durante a pesquisa, os quais possibilitaram a geração de resultados e análise dos mesmos.

⁴⁸ A ocupação espontânea é promovida por iniciativa da população por meio de invasão de terrenos públicos e áreas de preservação permanente. Tal processo leva a uma excessiva extensão do tecido urbano com baixas densidades de ocupação, inviabilizando a implantação de infraestrutura e serviços básicos (SOUZA; SILVA, 2009). Os loteamentos irregulares ou clandestinos podem ser realizados pelo setor público e pelo setor privado (ARAÚJO, 2009). Historicamente o alto curso foi povoado por pessoas oriundas do interior do Estado provenientes do êxodo rural ocorrido na década de 1970 na Ilha do Maranhão, além das pessoas de baixa renda que não foram contempladas nos programas habitacionais realizados pela COHAB-MA. A necessidade de fixar residência, associada atuação dos agentes produtores do espaço urbano nas áreas centrais da capital, bem como nas localidades de maior centralidade na Ilha contribuíram para o escoamento da população para as áreas ainda não ocupadas, sendo uma população caracterizada por seu baixo ou inexistente poder aquisitivo.

*CAPÍTULO 2 -
PROCEDIMIENTOS
TÉCNICO-
OPERACIONAIS*

A pesquisa é descritiva quanto aos objetivos. Para atendê-los diversos procedimentos metodológicos foram adotados, os quais estão subdivididos em duas etapas, a saber: atividade de gabinete e trabalhos de campo.

Sabendo que para o início do entendimento de qualquer pesquisa o trabalho de gabinete é fundamental, neste capítulo estão descritos os materiais utilizados para nortear a pesquisa no campo bibliográfico. Posteriormente ao embasamento conceitual partiu-se para a outra etapa do gabinete, onde foi realizado o trabalho de elaboração do mapeamento temático, por fim, realizou-se o trabalho de campo que é primordial nas pesquisas geográficas, uma vez que o geógrafo precisa reconhecer, validar e atualizar as informações geradas em gabinete e/ou laboratório.

As fases de mapeamento e gabinete foram simultâneas, porque, enquanto a pesquisa estava em andamento foi preciso rever e reavaliar as informações geradas com os trabalhos de campo.

O processo foi compartimentado para a melhor compreensão e organização das ideias, porém no processo acadêmico de pesquisar, estas etapas metodológicas ocorreram de maneira consubstanciada, pois o conhecimento precisa dessa integração para haver melhor sistematização. Os procedimentos técnico-operacionais da pesquisa estão detalhados a seguir.

2.1 Etapas de Gabinete

A atividade de gabinete aqui mencionada refere-se mais precisamente ao levantamento bibliográfico e cartográfico realizado, bem como o mapeamento temático, sendo este procedimento basilador de todo o trabalho.

2.1.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

No aspecto teórico-metodológico, o levantamento consistiu no estudo de referências que abordassem a dialética da relação sociedade-natureza. Nessa ótica, o trabalho buscou analisar o fenômeno da vulnerabilidade ambiental à alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio sob a perspectiva do método Dialético⁴⁹.

⁴⁹ De acordo com Gadotti (1990), o princípio da dialética é a contradição, onde têm-se um modo específico de argumentar que consistia em descobrir as contradições contidas no raciocínio do outro (análise), negando, assim a validade da sua argumentação e superando-a por outra (síntese). É importante ressaltar que apesar de se apontar o todo, a autora entende que o pensamento está em constante processo de amadurecimento e ampliação, sendo possível relacionar durante o trabalho diversas formas de abordagem.

As fontes bibliográficas levantadas foram relacionadas às temáticas como dialética da relação sociedade-natureza, geomorfologia urbana, processos morfogenéticos e morfodinâmicos, conceitos de fragilidade, vulnerabilidade, susceptibilidade, perigo, risco, paisagem, tempo, técnica, Espaço Geográfico, entre outros.

Para a obtenção dos dados supracitados utilizou-se alguns acervos físicos e digitais como a biblioteca central da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, portal de periódico da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, Researchgate, Domínio Público, Repositório Institucional UNESP – Universidade Estadual Paulista, entre outros.

O levantamento cartográfico⁵⁰, por sua vez, deu-se a partir da aquisição de informações relacionadas à Ilha do Maranhão, já existentes no banco de dados do Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento – GEOMAP. Além destas informações já disponíveis, buscou-se informações vetoriais na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Geo portal do Exército Brasileiro, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Geonetwork (portal de metadados da Agência Nacional de Águas - ANA), Atlas Pluviométrico do Brasil no portal do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

De posse desses arquivos vetoriais, foi possível criar um banco de dados relacionado à área de estudo com a alimentação e elaboração de arquivos shapefiles e raster.

2.1.2 Mapeamento temático

O mapeamento temático foi realizado no ambiente de Sistema de Informação Geográfica - SIG, mais especificamente no *software ArcGis®⁵¹ for Desktop Advanced*, versão 10.2, licença EFL999703439 pertencente ao GEOMAP.

Para iniciar os trabalhos foram vetorizadas as cartas topográficas da Diretoria do Serviço Geográfico do Exército/ Ministério do Exército – Ministério do Interior (DSG/ME-MINTER), datadas de 1980, correspondentes a São Luís e São José de Ribamar, folhas 10,17, 18, 19, 24, 25, 26, 27, 32 e 33 referentes à bacia hidrográfica do Santo Antônio, na escala de 1:10.000.

⁵⁰ A base de dados primária utilizada neste trabalho foi adquirida junto ao Grupo de Estudos GEOMAP. Posteriormente a base de dados foi sendo alimentada pela pesquisadora e orientandos de iniciação científica.

⁵¹ O SIG ArcGis é marca registrada pela ESRI Inc.

Devido tratar-se da quarta maior bacia hidrográfica da Ilha, com 92,45 Km², optou-se nesta pesquisa por trabalhar apenas o alto curso, tendo em vista o tempo de 24 meses para a finalização do trabalho e o nível pretendido de detalhamento das informações. Para a delimitação do alto curso admitiu-se o critério do contato direto da curva de nível com a drenagem, sendo delimitada a cota de 20m para a diferenciação do alto para o médio curso, segundo as orientações para delimitação de bacias hidrográficas da ANA (2013).

Posteriormente, trabalhou-se apenas com as folhas 25, 32 e 33 da DSG/ME-MINTER, correspondentes à área em estudo. A vetorização das características físicas como drenagem, curvas de nível e pontos cotados foi realizada pelos integrantes do GEOMAP. O mapeamento das características geoambientais da área de estudo será apresentado a seguir, sendo a escala de trabalho semi-detalhada de 1:55.000.

a) Mapa de impermeabilização do solo

Para o mapeamento relativo a 1999 foi utilizada uma imagem de satélite Landsat-5, do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI) de 14 de julho de 1999, adquirida pelo portal earthexplorer.usgs.gov site da *Science for a Changing World – USGS*.

A imagem em questão está na Projeção/Datum WGS1984 UTM Zone 23S e apresenta 7 bandas, entretanto, para a composição colorida utilizou-se apenas as bandas 5-4-3 no *software* ArcGis® através da ferramenta *Composite Bands* gerando uma única imagem colorida com três bandas apenas (RGB 5-4-3).

Para o mapeamento de 2019 foi utilizada a imagem Landsat 8 do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI), de 27 de setembro de 2018, adquirida pelo mesmo portal. De posse destas imagens as mesmas foram classificadas através do procedimento de classificação supervisionada, separando as amostragens em áreas pavimentadas e áreas não pavimentadas.

Uma vez organizado os elementos na tabela de atributos criou-se uma assinatura no ArcGis® em *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Multivariate – Creat Signatures*. Uma vez criada gera-se a carta com as áreas permeáveis e impermeáveis em *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Multivariate – Maximum Likelihood Classification*.

b) Mapas de comparação de drenagem, classificação de canais e direção de escoamento

Atualmente a drenagem do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio não está apresentada como consta nas cartas planialtimétricas datadas de 1980, uma vez que, o processo de urbanização é intenso e constante. Assim a área de estudo passou por alterações diversas.

Por esta razão, elaborou-se um mapa comparativo da drenagem de 1980 com a drenagem existente em 2019. O primeiro mapa foi elaborado a partir da vetorização das cartas topográficas e o segundo a partir da base de dados já existente, associado aos trabalhos de campo e análise das imagens do Google *Earth*®, instrumentos estes que permitiram a atualização da espacialização da drenagem.

Uma vez diagnosticadas as modificações realizadas na drenagem, elaborou-se um mapa de classificação de canais utilizando a proposta de Oliveira *et. al.* (2004), em que os canais fluviais podem ser classificados em abertos, fechados, mistos retificados e barramentos (Quadro 6).

Quadro 6 - Classificação dos canais de drenagem após alterações no espaço urbano

TIPOLOGIA DO CANAL	DEFINIÇÃO
Canais abertos	São aqueles canais que percorrem a área urbana, onde há predomínio de trechos abertos, sem grandes intervenções nas margens e no leito
Canais fechados	São canais que percorrem a área urbana, onde há predomínio de trechos onde o canal encontra-se completamente fechado por galeria
Canais mistos	São canais em que alguns trechos encontram-se completamente abertos, outros com algum tipo de proteção nas margens, e em alguns casos, encontram-se trechos completamente fechados por galerias setorizadas
Canal retificado	São os trechos dos canais onde a intervenção ocorreu modificando-se a morfologia do canal e o seu percurso, mas o canal continua aberto
Barramentos	São todas aquelas obras realizadas nos canais de drenagem que formam pequenos barramentos do canal. Os barramentos estão associados as vias perpendiculares ao canal e as suas respectivas tubulações

Fonte: Oliveira *et. al.* (2004) organização França (2019).

Posteriormente, elaborou-se o mapa de direção de escoamento superficial, o qual é importante nas análises de alagamentos. Para isso utilizou-se a imagem Landsat-5⁵² com a ferramenta *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Hydrology – Fill* para extrair a drenagem. Em seguida, no *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction*, extraiu-se a direção do fluxo. Em *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Accumulation* obteve-se o fluxo acumulado.

No entanto, apesar da extração destas informações, quando comparadas no campo as mesmas não correspondiam com a realidade, o que impossibilitou a espacialização do mapa de fluxo acumulado. Analisando o arquivo de direção de fluxo da imagem foi possível elaborar um mapa sem a imagem de satélite, porém com a direção do fluxo em formato vetorial, a partir das informações coletadas no campo, sobretudo nos dias chuvosos.

c) Mapa hipsométrico e clinográfico

O processo de elaboração do mapa hipsométrico se deu a partir da criação do Modelo Digital de Elevação – MDE, que foi gerado através das curvas de nível da área. De posse das curvas de nível com todas as cotas revisadas, elaborou-se o MDE no ArcGis® conforme o seguinte caminho: *ArcToolbox – Data Management – TIN – Creat Tin*.

Uma vez elaborado o MDE, este foi classificado no *Symbology* do programa ArcGis®. Considerando que as curvas de nível de toda a Ilha do Maranhão na escala de 1:10.000 possuem equidistância de cinco em cinco metros, optou-se por distribuir as altitudes em oito classes na área de estudo, objetivando apresentar um mapa mais representativo da amplitude do alto curso do Santo Antônio, a qual varia entre 20 e 60 metros.

O mapa clinográfico, por sua vez, foi elaborado a partir da cópia do MDE de hipsometria. De posse do MDE, o mesmo foi convertido em *raster* através da ferramenta *Tin to raster* do *3D Analyst Tools* do ArcGis®. Posteriormente foi feita a extração da declividade do *raster* na função *3D Analyst Tools – Raster Surface – Slope*.

Neste trabalho, levou-se em consideração, para o mapeamento da declividade, a Lei Federal 6.766/79 (BRASIL, 1979), que dispõe não ser permitido o parcelamento do solo urbano e/ou construções das mais diversas naturezas em terrenos com declividade igual ou superior a 30%. Assim, considerando as classes estipuladas pela lei supracitada e examinando as

⁵² Mais informações sobre esta imagem de satélite estão dispostas no item “mapa de uso e cobertura da terra”.

características da área de estudo admitiu-se três classes de declividade para localidade em questão, sendo elas: < 2%, 2 a 12%, e >12%.

Para se chegar a esta classificação foram realizados diversos testes, com o intuito de melhor espacializar a declividade da localidade, tendo em vista, tratar-se de uma área tabular com declives suaves

d) Mapa de unidade de relevo e curvatura da superfície

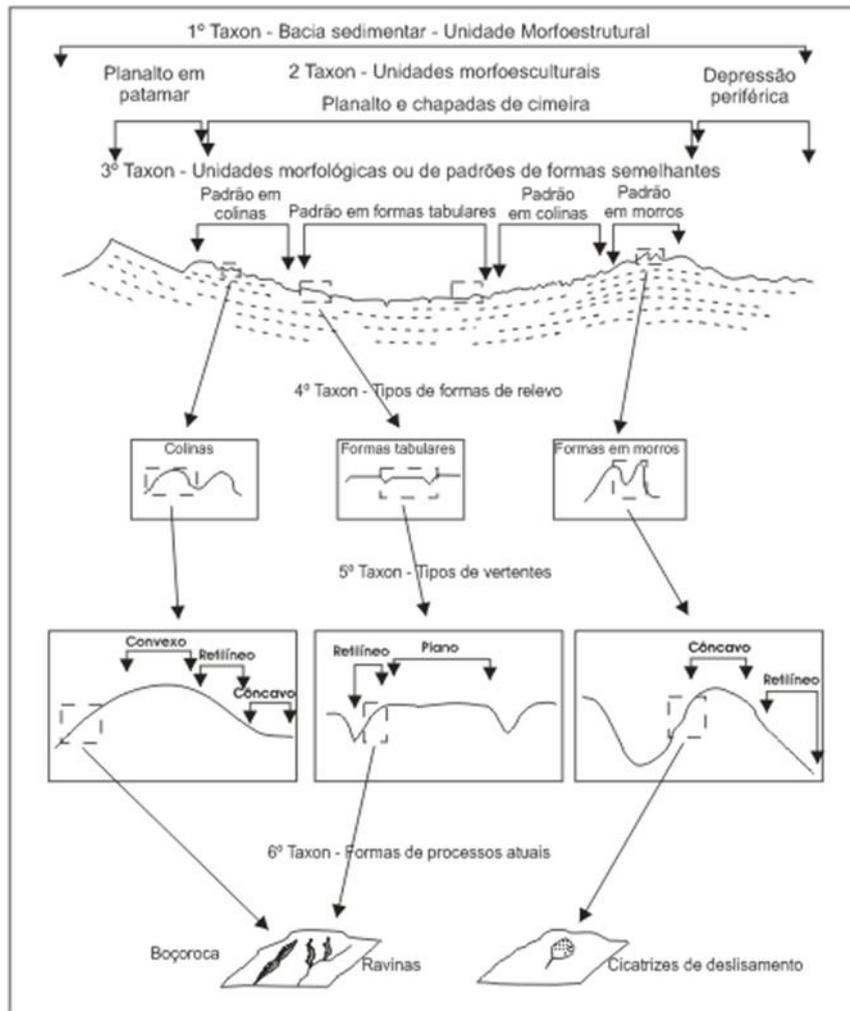
O mapa de unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio foi recortado do mapeamento geomorfológico de Silva (2012) para a Ilha do Maranhão através da ferramenta *Arctoolbox – Analysis Tools – Extract – Clip*. Após esta etapa, foi realizada a identificação das morfologias correspondentes a área de estudo e realizou-se a atualização dessas morfologias baseando em imagens do Google *Earth*® e trabalhos de campo. Assim, o mapa de unidades de relevo foi detalhado para a escala de trabalho.

A partir do banco de dados supracitado, adquiriu-se os shapes referentes às unidades de relevo da área de estudo. No entanto, os dados precisaram ser adaptados para a realidade local. Assim, a partir de imagens do Google *Earth*®, cartas topográficas e trabalhos de campo, pode-se realizar as atualizações necessárias nos limites.

Levando em consideração toda a construção teórico-metodológica que permeia o mapeamento geomorfológico, procurou-se neste trabalho representar os níveis taxonômicos do relevo propostos por Ross (1992, 1994, 1995, 1997), o qual se baseou, sobretudo, nos pensamentos de Demek (1967) e Mescerjakov (1968), sendo utilizados por vários pesquisadores como Ross e Moroz (1997), Ross e Fierz (2005) e Ross (2006) - (Figura 13, p. 75).

Partindo disto, foram caracterizados os níveis 4, 5 e 6 no mapeamento realizado, sendo que para o 4º nível utilizou-se como base os vetores oriundos da base de dados de Silva (2012); para o 5º nível utilizou-se as curvas de nível e foram geradas as informações relativas à curvatura da superfície, seguindo a proposta de Valeriano (2008). Para a representação do 6º nível, utilizou-se o sistema de simbologia linear proposto por Verstappen & Zuidam (1975) utilizado por Cunha, Mendes e Sanchez (2003).

Figura 13 - Representação esquemática dos níveis taxonômicos das unidades de relevo



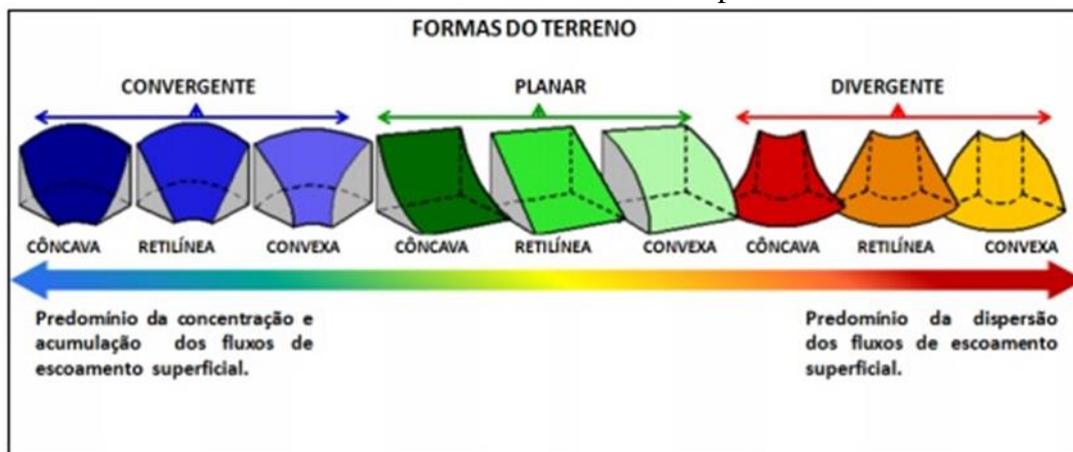
Fonte: Ross (1992).

Com as curvas de nível gerou-se a curvatura da superfície no ArcGis® através do *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Surface – Curvature*. Com a criação do TIN foi possível converter estas informações para o formato raster, o qual passou por um processo de reclassificação da curvatura em plano e em perfil na ferramenta *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools – Reclass - Reclassify*, gerando ao fim um raster síntese com nove formas de terreno (Figura 14, p. 76). Em casos de inexistência de algum tipo de forma do terreno, estas não apareceram no raster síntese.

Para o mapeamento da área de estudo espacializou-se a curvatura da superfície nas formas côncava, convexa e retilínea. É importante ressaltar que o sistema de cores proposto por Valeriano (2008) utiliza o azul para as classes de vertentes convergentes, no entanto,

considerando as convenções geográficas⁵³ sobre o uso das cores em mapas, optou-se neste trabalho utilizar variações de roxo para as vertentes convergentes.

Figura 14 - Classes das formas de terreno ou curvatura da superfície



Fonte: Valeriano (2008) adaptado por Neto (2013).

e) Mapa de distribuição de índices pluviométricos e dados pluviométricos

No trabalho intitulado “Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA”, Moraes (2018) apresentou o mapa de distribuição dos índices pluviométricos para toda a Ilha do Maranhão, baseando-se nos estudos de Gal *et al* (1998), Oliveira (2007) e Braz *et al* (2010). A interpolação destes dados para a Ilha tornou possível o recorte das informações para qualquer bacia hidrográfica da mesma, como é o caso do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Para a elaboração do mapa, a autora realizou o cruzamento dos dados disponíveis em sete estações pluviométricas automatizadas, sendo elas: Alcântara, Bacanga, Chapadinha, Itapiracó, Raposa, UEMA e Zé Doca, pertencentes ao INMET, Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais - CEMADEN, Laboratório de Meteorologia da Universidade Estadual do Maranhão e Instituto de Controle do Espaço Aéreo – ICEA⁵⁴, no

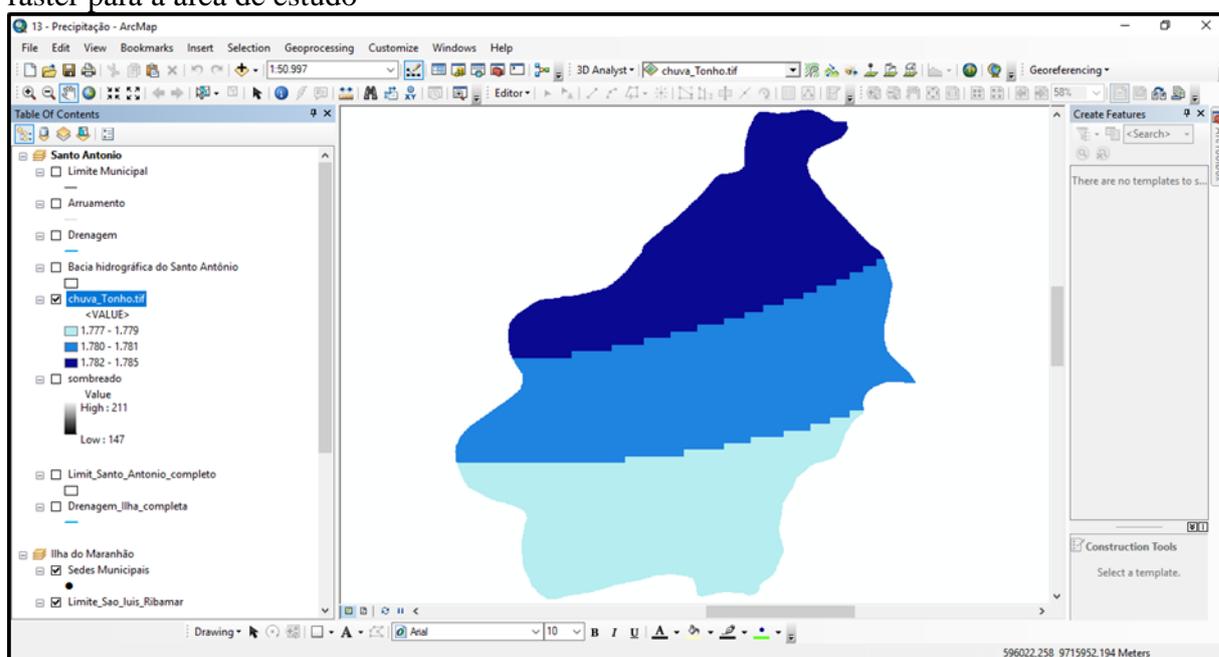
⁵³ Em Geografia prioriza-se o uso da cor Azul para corpos d’água (rios, mares, lagos, lagoas).

⁵⁴ De acordo com a climatologia toda estação meteorológica é baseada em dados matemáticos e esta disponibiliza dados em um raio de até 300 km, sendo que na medida em que há o afastamento do ponto de origem a precisão desta diminui. As estações utilizadas neste trabalho estão inseridas em municípios distantes, porém, em virtude da ausência de dados pluviométricos disponíveis para toda a Ilha em uma escala de tempo igualitária, fez-se necessário trabalhar com estas estações. Compreende-se a limitação deste dado devido à distância das mesmas, no entanto foi preciso trabalhar com os dados disponíveis, uma vez que as informações referentes à precipitação são indispensáveis nesta pesquisa.

período de 2005 a 2016, utilizando-se das seguintes ferramentas do ArcGis®: *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools* → *Interpolation* → *IDW*. Através desta ferramenta a autora obteve o raster, que foi recortado no *Extract by mask* do SIG utilizado. Com esta última ferramenta pode-se recortar a área desejada para estudo.

O mapa apresenta algumas falhas nas linhas de transição pluviométrica, este fato ocorre devido à quantidade de estações para a escala de trabalho. Quando o mapa foi gerado para a Ilha do Maranhão as falhas não foram evidentes, porém quando se obteve o recorte de uma área de escala maior, ocorreram as falhas (Figura 15).

Figura 15 - Representação das falhas nos limites das classes ocasionados pelo recorte do raster para a área de estudo



Fonte: Própria pesquisa (2019) adaptado de Moraes (2018).

Existem diversas estações pluviométricas distribuídas por toda a Ilha do Maranhão, no entanto, com exceção das estações UEMA, Itapiracó, Raposa e Bacanga, as demais começaram a coletar dados a partir do ano de 2015. Levando em consideração que para a espacialização de dados pluviométricos, faz-se necessário uma análise espaço-temporal igualitária, Moraes (2018) optou por utilizar as sete estações supracitadas por apresentarem dados constantes em onze anos.

Faz-se necessário destacar que os fenômenos hidrometeorológicos estudados neste trabalho começaram a ser intensos e a atingir a população a partir do ano de 2009, o que torna possível a utilização destes dados nesta pesquisa, pois satisfazem a análise temporal.

No entanto, levando em consideração que os alagamentos são fenômenos de curta duração e de rápido escoamento, além de utilizar os dados do mapeamento realizado por Moraes (2018), optou-se por analisar os dados disponíveis das estações pluviométricas do município de São Luís⁵⁵ obtidos através do BDMEP do INMET.

Foram levantados dados relativos à Normal Climatológica do referido município em dois períodos: 1961-1990 e 1981-2010. Adquiriu-se também os dados relativos à precipitação média acumulada anual entre os anos de 2011 e 2019 e os dados de precipitação diária entre 2017 e 2019, anos correspondentes a realização desta pesquisa.

Tais dados foram importantes para a análise do comportamento pluviométrico da capital maranhense, o que tem reflexos na área de estudo.

f) Mapa de uso e cobertura da Terra e áreas de observação

Levando em consideração a literatura nacional e internacional produzida e a terminologia utilizada nestes trabalhos, optou-se por utilizar a nomenclatura adotada sobre o tema em questão pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006), visando à compatibilidade deste trabalho com os produtos disponíveis.

Utiliza-se aqui a terminologia “uso da Terra”, referindo-se as atividades conduzidas pelo ser humano, considerando uma série de operações desenvolvidas por este agente social com a intenção de obter benefícios e produtos, estando relacionada à funções socioeconômicas ou não. Já a cobertura da Terra está relacionada à vegetação, água, gelo, rocha e superfícies similares (ANDERSON *et al.*, 1979; HEYMANN, 1994; BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996; IBGE, 2006).

A nomenclatura do uso e cobertura da Terra utilizada pelo IBGE foi construída a partir da concepção teórico-metodológica de Heymann (1994) dentre outros autores, o qual se baseia em três níveis hierárquicos, onde o primeiro (classes) está relacionado às principais classes de uso e cobertura existentes no planeta, atendendo a trabalhos em escalas nacionais e inter-regionais.

O segundo nível (subclasses) elenca 10 categorias de uso e cobertura que podem ser trabalhadas em questões regionais, e o terceiro (unidades) determina os usos propriamente ditos, em uma escala grande de trabalho. Utilizou-se a categoria “área urbanizada” e “vegetação

⁵⁵ Ressalta-se que a área de estudo está situada entre os municípios de São Luís e São José de Ribamar, porém considerou-se apenas os dados pluviométricos do município de São Luís tendo em vista que eram os dados disponíveis e que a variação pluviométrica na Ilha não é acentuada.

secundária”, conforme o sistema de classificação, e neste trabalho aparece de forma simplificada no Quadro 7, evidenciando apenas as categorias usadas nesta pesquisa em virtude da escala de trabalho e da imagem utilizada.

O mapeamento do uso e cobertura da Terra foi realizado pelo processo de classificação supervisionada, onde ocorre a conversão de imagens raster multi-banda em um raster de banda única com várias classes categóricas que se relacionam com diferentes tipos de uso e cobertura de terra.

Quadro 7 - Sistema de classificação para cobertura e uso da Terra simplificado baseado nas propostas de Heymann (1994); IBGE (2006)

NÍVEL I CLASSE	NÍVEL II SUBCLASSE	UNIDADE DÍGITO	AMOSTRA	LEGENDA R G B
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas	1.1.4 Cidades, vilas, edificações, sistema viário, entre outros.		
Áreas de vegetação natural	Floresta	3.1.27 Vegetação secundária com e sem vegetação arbustiva		

Organização: França (2018).

Neste processo, uma imagem é classificada usando assinaturas espectrais, ou seja, valores de reflectância dos alvos, obtidos a partir de amostras de treinamento, que correspondem aos polígonos que representam áreas de amostras distintas dos diferentes tipos de cobertura de terra a serem classificadas de acordo com as necessidades do analista (FOREST-GIS, 2017).

Para a elaboração deste mapeamento utilizou-se a imagem de satélite Landsat 8 do instrumento imageador Operacional Terra Imager (OLI), de 27 de julho de 2017, adquirida pelo portal earthexplorer.usgs.gov. As imagens Landsat-8 são orientadas ao norte verdadeiro, desta forma foi necessário reprojeta-las para a cena Landsat-8 na Projeção/Datum WGS1984 UTM Zone 23S. Após este processo, foi realizado o procedimento de composição colorida RGB 6-5-4 das bandas multiespectrais de 30 metros, e depois, foi feita a fusão com a banda PAN (tons

de cinza) de 15 metros de resolução espacial. Desta forma, a resolução espacial final obtida foi de 15 metros.

No que tange às áreas de conflito, mapeou-se as Áreas de Proteção Permanente - APP conforme o disposto na Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – Novo Código Florestal (BRASIL, 2012), que determina uma área marginal livre de 30 metros para cursos d'água com largura inferior a 10 metros de largura e um raio de 50 metros em torno das nascentes.

Na área de estudo, os canais fluviais possuem largura inferior a 10 metros. Por esta razão adotou-se no mapeamento um *buffer* de 30 metros em todos os canais para as áreas marginais, levando-se em consideração a margem do rio para a contagem do referido *buffer*.

Elaborou-se também um mapa de áreas de observação com o intuito de demonstrar os diferentes tipos de uso na área de estudo. Assim, foram espacializadas quatro localidades com usos distintos bem distribuídos ao longo do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

g) Mapa de expansão territorial urbana sobre o relevo

O mapa de expansão territorial urbana sobre o relevo foi elaborado primeiramente a partir dos dados de unidades de relevo desta pesquisa, já descritos no item mapa de unidades de relevo, e em segundo plano pelo arquivo vetorial da expansão da malha urbana sobre os compartimentos.

Este arquivo vetorial foi elaborado a partir do levantamento bibliográfico relacionado à história de ocupação da área de estudo associado com as informações coletadas nos trabalhos de campo e entrevistas. De posse destas informações e da análise de imagens de anos posteriores foi possível gerar o shapefile correspondente à expansão da malha urbana. Este dado foi gerado no ArcGis® 10.2.

h) Mapa de alagamentos

O mapa teste para alagamentos foi gerado primeiramente a partir do cruzamento das informações referentes à distribuição pluviométrica e impermeabilização do solo através da ferramenta: *Arctoolbox - Spatial Analyst Tools → Map Algebra → Raster Calculator*. Posteriormente a informação gerada foi comparada e validada durante os trabalhos de campo, onde marcou-se nos GPS as áreas com ocorrência de alagamentos.

A partir deste mapeamento foram identificadas quatro áreas com ocorrência de alagamentos bruscos⁵⁶ onde há perda de bens materiais por parte dos habitantes, estando localizadas nos bairros Jardim América, Jardim Tropical I, Cidade Olímpica e Residencial Orquídeas 2 – próximo ao Tambaú.

No mapa, há concentração de pontos nas quatro áreas supracitadas, pois se referem às localidades que foram percorridas pela equipe durante os trabalhos de campo.

i) Mapas de caracterização social

Para caracterizar socialmente a população residente no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, optou-se por levantar dados relacionados à escolaridade, renda e saneamento básico da área em questão.

Assim, foram utilizados os dados dos setores censitários do IBGE - Censo Demográfico 2010. Além destes dados, informações foram coletadas durante as entrevistas, as quais validaram as informações do Censo e contribuíram para o aperfeiçoamento da análise.

Foi realizado junto ao portal do IBGE o *download* do documento “Base de Informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário” e das planilhas de agregados por setores censitários em formato .xls referentes ao estado do Maranhão.

De posse destas informações, os dados foram tratados no Excel levando em consideração os códigos dos municípios correspondente e das variáveis de interesse. Para a elaboração dos mapas dos aspectos sociais fez-se necessário realizar a compilação dos dados do Censo, a qual resultou em oito variáveis, sendo elas: População total por setor censitário, chefe de família com rendimento mensal até um salário mínimo, chefes alfabetizados por setor censitário, domicílios com lixo queimado, jogado em terreno baldio, logradouro ou rios, domicílios sem esgotamento sanitário/com esgotamento a céu aberto, setores com ausência de bueiros diversos e galerias, domicílios com lixo acumulado no logradouro e domicílios com fossa séptica (Quadro 8, p.81).

⁵⁶ Devido à falta de infraestrutura urbana os alagamentos ocorrem em toda a área de estudo, porém existem áreas em que estes fenômenos afetam os habitantes causando perdas materiais significativas, o que neste trabalho denominou-se de alagamentos bruscos.

Quadro 8 - Variáveis censitárias para a elaboração dos mapas dos aspectos sociais

MAPA	Variáveis censitárias	Arquivo de onde foi extraído
População total por setor censitário	V002 – Moradores em domicílios particulares permanentes ou população residente em domicílios particulares permanentes	Arquivo Básico (Planilha Básico_MA.xls)
Chefe de família com rendimento mensal até um salário mínimo	V001 - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1/2 salário mínimo V002 - Pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de 1/2 a 1salário mínimo V010 - Pessoas responsáveis sem rendimento nominal mensal	Arquivo Renda da Pessoa Responsável (Planilha Responsável Renda_UF.xls)
Chefes alfabetizadas por setor censitário	V078 - Responsáveis alfabetizados(as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares V080 - Filhos(as) ou enteados(as) alfabetizados(as) com 10 ou mais anos de idade em domicílios particulares	Arquivo Alfabetização Total (Planilha Pessoa01_UF.xls)
Domicílios com lixo queimado, jogado em terreno baldio, logradouro ou rios	V038 - Domicílios particulares permanentes com lixo queimado na propriedade V039 - Domicílios particulares permanentes com lixo enterrado na propriedade V040 - Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro V041 - Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em rio, lago ou mar V042 - Domicílios particulares permanentes com outro destino do lixo	Arquivo Domicílios, Características Gerais (Planilha Domicílio01_UF.xls)
Domicílios sem esgotamento sanitário/ com esgotamento a céu aberto	V050 - Domicílios particulares permanentes próprios – Existe esgoto a céu aberto V052 - Domicílios particulares permanentes alugados – Existe esgoto a céu aberto V054 - Domicílios particulares permanentes cedidos – Existe esgoto a céu aberto	Arquivo Entorno 01 (Planilha Entorno01_UF.xls)
Setores com ausência de bueiros diversos e galerias,	V033 - Domicílios particulares permanentes próprios – Não existe bueiro/boca-de-lobo V035 - Domicílios particulares permanentes alugados – Não existe bueiro/boca-de-lobo V037 - Domicílios particulares permanentes cedidos – Não existe bueiro/boca-de-lobo	Arquivo Entorno 01 (Planilha Entorno01_UF.xls)
Domicílios com lixo acumulado no logradouro	V056 - Domicílios particulares permanentes próprios – Existe lixo acumulado nos logradouros V058 - Domicílios particulares permanentes alugados – Existe lixo acumulado nos logradouros V060 - Domicílios particulares permanentes cedidos – Existe lixo acumulado nos logradouros	Arquivo Entorno 01 (Planilha Entorno01_UF.xls)

Domicílios com fossa séptica	V152 - Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário de fossa séptica – existe esgoto a céu aberto V153 - Domicílios particulares permanentes que tinham banheiro ou sanitário e esgotamento sanitário de fossa séptica – não existe esgoto a céu aberto	Arquivo Entorno 01 (Planilha Entorno01_UF.xls)
------------------------------	--	---

Fonte: IBGE (2011) organização França (2019).

Quanto aos aspectos da coleta de dados (feita pelo IBGE), as pesquisas foram realizadas no período de 1º de agosto a 30 de outubro de 2010, abrangendo as pessoas residentes, na data de referência, em domicílios do Território Nacional. O IBGE (2011) utilizou definições diversas na determinação das variáveis e aqui serão apresentadas as principais definições relacionadas a esta pesquisa (Quadro 9).

Quadro 9 - Definição das variáveis utilizadas para a caracterização social do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

Variável	Definição
Domicílio	É o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que estejam sendo utilizado como tal. Os critérios essenciais desta definição são os de separação e independência. A separação fica caracterizada quando o local de habitação for limitado por paredes, muros ou cercas e coberto por um teto, permitindo a uma ou mais pessoas, que nele habitam, isolar-se das demais, com a finalidade de dormir, preparar e/ou consumir seus alimentos e proteger-se do meio ambiente, arcando, total ou parcialmente, com suas despesas de alimentação ou moradia.
Domicílio particular permanente	Domicílio construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas.
Morador	Considerou-se como moradora a pessoa que tinha o domicílio como local habitual de residência e que, na data de referência, estava presente ou ausente por período não superior a 12 meses em relação àquela data, por motivo de viagem (a passeio, a serviço, a negócio, de estudos etc.), internação em estabelecimento de ensino ou hospedagem em outro domicílio, pensionato, república de estudantes, visando a facilitar a frequência à escola durante o ano letivo, detenção sem sentença definitiva declarada, internação temporária em hospital ou estabelecimento similar ou embarque a serviço (militares, petroleiros etc.).
Pessoa responsável	Para a pessoa (homem ou mulher), de 10 anos ou mais de idade, reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar.
Pessoas alfabetizadas	Considerou-se como alfabetizada a pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecesse.
Bueiro /boca de lobo	Pesquisou-se se na face ou na sua face confrontante, existia bueiro ou boca de lobo, ou seja, abertura que dá acesso a caixas subterrâneas, por onde escoam a água proveniente de chuvas, as regas etc. Bueiro/boca de lobo não se confunde com tampões para acesso a galerias subterrâneas.
Lixo acumulado	Considerou-se quando, na face ou na sua confrontante, existia local de depósito e acúmulo de lixo. A existência de caçamba de serviço de limpeza não foi considerada como lixo acumulado em via pública.

Esgoto a céu aberto	Foi pesquisado se na face ou na sua face confrontante, existia vala, córrego ou corpo d'água onde habitualmente ocorria lançamento de esgoto doméstico; ou valeta, por onde escorria, na superfície, o esgoto doméstico a céu aberto.
---------------------	---

Fonte: IBGE (2011) organização França (2019).

Para cada mapeamento elaborado, algumas expressões matemáticas foram admitidas⁵⁷. Para a espacialização dos chefes de família com rendimento mensal de até um salário mínimo foram somadas as variáveis de interesse, dividindo o valor total pelo número de chefes por setor censitário, multiplicando o resultado por 100 conforme a Equação 1 que apresenta o cálculo utilizado para o mapeamento de rendimento mensal por chefe de família.

Equação 1: $RCF=CF \times \Sigma SM / 100$

RCF – Renda dos chefes de família;

CF – Total de chefes de família por setor censitário;

ΣSM – Chefes de família com rendimento mensal até um salário mínimo;

100 – Para fins de porcentagem utilizado em todas as expressões.

Para a espacialização de lixo não coletado, somou-se as variáveis V038, V039, V040, V041 e V042 multiplicando o resultado por 100 e dividindo o valor total pelo número de domicílios existentes no setor de acordo com a Equação 2 - cálculo utilizado para o mapeamento de lixo não coletado.

Equação 2: $LNC=\Sigma TDL \times TD / 100$

LNC – Lixo não coletado;

ΣTDL – Somatório total dos destinos do lixo;

TD – Total de domicílios por setor censitário.

No que diz respeito ao mapeamento de chefes alfabetizados por setor censitário, somou-se as variáveis V078 e V080 dividindo pelo número de chefes e multiplicando por 100, segundo está apresentado na Equação 3 - cálculo utilizado para o mapeamento chefes de família alfabetizados.

Equação 3: $CFA=\Sigma PAF \times CF / 100$

CFA – Chefes de família alfabetizados por setor censitário;

⁵⁷ Tais expressões foram criadas para esta pesquisa levando em consideração princípios de matemática básica.

CF – Total de chefes de família por setor censitário;

ΣPAF – Somatório de Pessoas alfabetizadas.

Para a espacialização referente aos domicílios sem esgotamento sanitário ou com esgoto a céu aberto foram somadas as variáveis V050, V052 e V054 dividindo pelo número de domicílios e multiplicando por 100, conforme a Equação 4 - cálculo utilizado para o mapeamento dos domicílios sem esgotamento sanitário ou com esgoto a céu aberto.

Equação 4: $DSE = \Sigma DPAC \times TD / 100$

DSE – Domicílios sem esgotamento sanitário ou com esgoto a céu aberto;

TD – Total de domicílios por setor censitário;

ΣDPACE – Somatório de domicílios particulares, alugados e cedidos sem esgotamento ou com esgoto a céu aberto.

O mapeamento dos setores censitários com ausência de bueiros diversos e galerias foi realizado a partir do somatório das variáveis V033, V035 e V037 sendo dividido pelo número de domicílios do setor e multiplicado por 100 - Equação 5 que apresenta o cálculo utilizado para o mapeamento de ausência de bueiros e galerias.

Equação 5: $SABG = \Sigma DPACB \times TD / 100$

SABG – Setores sem presença de bueiros diversos ou galerias;

TD – Total de domicílios por setor censitário;

ΣDPACB – Somatório de domicílios particulares, alugados e cedidos sem esgotamento ou com esgoto a céu aberto.

Para a espacialização dos domicílios com lixo acumulado nos logradouros realizou-se o somatório das variáveis V056, V058 e V060 sendo dividido pelo número de domicílios do setor e multiplicado por 100 conformes está disposto na Equação 6 - cálculo utilizado para o mapeamento de lixo acumulado nos logradouros.

Equação 6: $LAL = \Sigma DPACL \times TD / 100$

LAL – Lixo acumulado nos logradouros;

TD – Total de domicílios por setor censitário;

ΣDPACL – Somatório de domicílios particulares, alugados e cedidos com lixo acumulado nos logradouros.

Por fim, o mapeamento dos domicílios com fossa séptica foi realizado a partir do somatório das variáveis V152 e V153 sendo dividido pelo número de domicílios do setor e multiplicado por 100 conforme a Equação 7 que apresenta o cálculo utilizado para o mapeamento de domicílios com fossa séptica.

Equação 7: $DFS = \Sigma DFSE \times TD / 100$

DFS – Domicílios com fossa séptica;

TD – Total de domicílios por setor censitário;

ΣDFSE – Somatório de domicílios com fossa séptica em área com esgoto a céu aberto e sem esgoto a céu aberto.

Após as compilações e cálculos realizados, estas informações que estavam em formato xls foram agrupadas numa tabela de atributos do *shapefile* de setores censitários do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, através da ferramenta *Join* no programa ArcGis®, procedimento este que possibilitou a elaboração dos mapas de caracterização social.

j) Mapa de Vulnerabilidade Ambiental

A partir da literatura especializada, entende-se que a vulnerabilidade ambiental corresponde à relação dos atributos físicos e a dinâmica de uso e cobertura da Terra⁵⁸ (interferências humanas na paisagem). Partindo disto, o mapa proposto resultou do levantamento e cruzamento das informações de declividade, unidades de relevo, curvatura do terreno, precipitação, impermeabilização e uso e cobertura da terra. Para a determinação de cada atributo levou-se em consideração os fenômenos hidrológicos ocorrentes na área em questão, sobretudo os alagamentos.

De acordo com Ross (1994), esses elementos tratados de forma integrada possibilitam obter um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da vulnerabilidade dos ambientes. O mapeamento da vulnerabilidade ambiental a alagamentos adotada neste estudo é

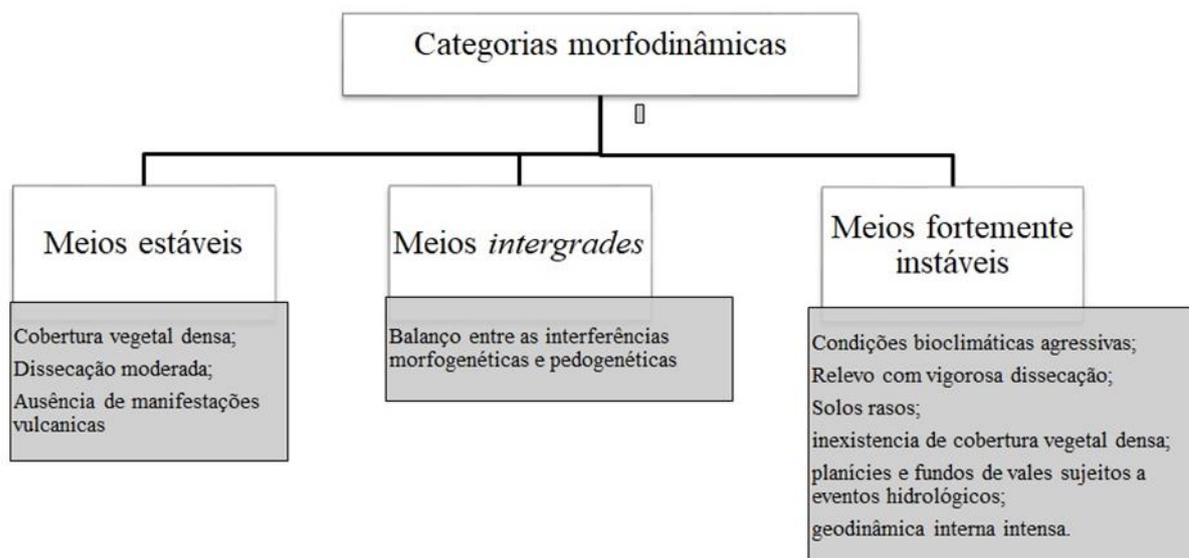
⁵⁸ Neste trabalho o uso e cobertura da terra bem como o mapeamento de áreas impermeáveis corresponde a variável social necessária para o mapeamento de vulnerabilidade ambiental.

baseado nos ideias dos meios morfodinâmicos de Tricart (1977) e nos estudos desenvolvidos por Ross (1990, 1992, 1994) e Crepani *et al* (2001)⁵⁹.

Ressalta-se que grande parte dos trabalhos que adotam as concepções acima estão relacionados à vulnerabilidade ambiental à perda de solos ou a processos morfodinâmicos ligados a Pedologia. Por esta razão, neste trabalho foram realizadas adaptações partindo das ideias propostas pelos autores anteriormente citados, a fim de atender à realidade da área e do fenômeno em estudo, não sendo o mapeamento orientado em sua totalidade por uma metodologia única.

Baseando-se em Tricart (1977) e Fushimi (2012), entende-se que as categorias morfodinâmicas instáveis são aquelas cujas interferências antrópicas modificaram intensamente os sistemas naturais através de práticas socioeconômicas diversas que se tornam degradativas (como o desmatamento). As categorias estáveis, por sua vez, são aquelas que estão em equilíbrio dinâmico e não foram impactadas significativamente pelas interferências humanas (Figura 16).

Figura 16 - Categorias morfodinâmicas



Fonte: Tricart (1977); Crepani *et al* (2001) organizado por França (2018).

Partindo destes pressupostos, Crepani *et al* (2001), baseando-se nos princípios de Ecodinâmica de Tricart (1977), desenvolveu um modelo onde se avalia de forma relativa e

⁵⁹ As metodologias de Ross (1990, 1992, 1994) e Crepani *et al* (2001) estão fundamentadas nos conceitos de ecodinâmica de Tricart (1977).

empírica a evolução morfodinâmica da paisagem, atribuindo valores para as categorias morfodinâmicas.

No entanto, a pesquisa em questão trata de um ambiente urbano, em que a paisagem encontra-se alterada, com predominância de atividade antrópica. Por esta razão adaptou-se o modelo proposto por Crepani *et al* (2001), admitindo descrições relacionadas à instabilidade dos ambientes do espaço urbano, sobretudo com foco para os meios fortemente estáveis.

Após reflexões, avaliações e testes chegou-se à descrição dos pesos das categorias morfodinâmicas para o ambiente urbano, conforme está disposto no Quadro 10. De acordo com este modelo, os temas selecionados foram classificados de maneira individual para a análise⁶⁰.

Quadro 10 - Avaliação da estabilidade das categorias morfodinâmicas com adaptações para o espaço urbano⁶¹

CATEGORIA MORFODINÂMICA	RELAÇÃO NATUREZA/SOCIEDADE	VALOR
Estável	Atividade humana reduzida, características do ambiente natural predominantes com baixa fragilidade.	1
Intermediária	Alterações humanas planejadas, levando em consideração os limites naturais. Equilíbrio entre o antrópico e o natural. Características do ambiente natural intermediárias – média fragilidade.	2
Instável	Atividade humana intensa, com desconfiguração dos sistemas naturais, prevalecendo as atividades humanas e características do ambiente natural favoráveis para a ocorrência de desajustes urbanos – alta fragilidade.	3

Fonte: Crepani *et al* (2001) adaptado por França (2019).

Por se tratar de um ambiente urbano com alterações realizadas no relevo para a instalação da cidade utilizou-se a declividade, a curvatura da superfície e as unidades de relevo, para o mapeamento da vulnerabilidade ambiental. No que tange à curvatura da superfície, foram

⁶⁰ É importante ressaltar que as concepções aqui apresentadas para o mapeamento da vulnerabilidade são adequadas para as áreas de estudo específicas e que os fenômenos são diversos. Sabendo que cada lugar tem suas particularidades e que cada evento estudado é analisado de maneira diferenciada, justifica-se as adaptações realizadas nesta pesquisa.

⁶¹ Levando em consideração a adaptação realizada, estabeleceu-se o os pesos 1 para características naturais com baixa fragilidade, 2 para fragilidade intermediária e 3 para alta fragilidade. Tais pesos também estão relacionados para áreas com atuação urbano sendo 1 para locais com pouca intervenção antrópica, 2 para média intervenção e 3 para grandes modificações.

analisadas as formas côncavas, convexas e retilíneas, considerando a predisposição destas para o acúmulo e dispersão dos fluxos (Tabela 1).

Tabela 1 - Curvatura da superfície com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Curvatura da superfície	Categoria	Pesos da Vulnerabilidade	Descrição
Convexa	Baixa	1	Dispersão das fluxos pluviais
Retilínea	Média	2	As águas permanecem paradas por pouco tempo e se espalham conforme a declividade do local
Côncava	Alta	3	Predomina o acúmulo das águas pluviais, convergência

Fonte: França (2018).

Outra característica geoambiental que favorece a dispersão dos fluxos de maneira associada à morfologia das vertentes é a declividade. Esta determina o tempo que as águas ficarão paradas em determinada localidade ou se estas escoarão rapidamente.

Para determinar os pesos relacionados à declividade na área de estudo, as classificações de Ross (1990) e Crepani *et al* (2001) foram basilares. Considerando que nas áreas de menor declividade predomina a pedogênese; que Ross (1990) considera estas áreas planas com baixa fragilidade; que nas áreas mais declivosas a morfogênese é predominante sendo consideradas pelo supracitado autor como de muita alta fragilidade, atribuiu-se os valores dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Classes de declividade com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Categorias	Declividade (%)	Valores de vulnerabilidade
Alta	< 2 %	3
Média	2 – 12%	2
Baixa	> 12%	1

Fonte: França (2018) adaptado de Ross (1992); Crepani *et al* (2001).

Já as unidades de relevo são fundamentais neste processo, uma vez que é sobre elas que as habitações estão fixadas, apropriando-as. Os compartimentos do relevo como fundos de vale, cabeceiras de drenagem e as morfologias tais como planícies fluviais não estão diretamente relacionadas aos alagamentos, mas sim aos eventos de enchentes e inundações.

As morfologias tabulares e áreas aplainadas possuem maior influência no acúmulo das águas durante os fenômenos de alagamentos, uma vez que as águas ficam paradas nessas morfologias. Sob estas considerações foram adotadas os pesos relacionados à importância de cada morfologia quanto à influência na ocorrência dos fenômenos aqui estudados (Tabela 3).

Tabela 3 - Unidades de relevo com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Categorias	Unidade de relevo	Valores de vulnerabilidade
Baixa	Planície fluvial	1
Média	Colinas esparsas	2
Alta	Tabuleiros com topos planos	3

Fonte: França (2018).

Para o uso e cobertura da Terra, levou-se em consideração a classificação de Ross (1990) com adaptações para a área de estudo. Para as áreas ainda “protegidas” pela vegetação restante, atribuiu-se o valor 1 e para o uso urbano peso 3, tendo em vista que esta última abrange áreas fortemente instáveis do ponto de vista da ocupação humana e das modificações que a presença humana ocasionou no ambiente (Tabela 4).

Tabela 4 - Pesos de vulnerabilidade para o uso e cobertura da Terra

Categorias	Características de uso	Valores de vulnerabilidade
Vegetação secundária	Áreas com vegetação secundária mista arbórea/ arbustivas ou gramíneas.	1
Área Urbanizada	Áreas residenciais, comerciais, institucionais, locais de ocupação espontânea, áreas pavimentadas ou não.	3

Fonte: França (2018).

De acordo com o IBGE (2006), o uso da terra pode ser considerado como “[...] uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios,

através do uso dos recursos da terra” (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996), sendo destinado à função socioeconômica.

Outro mapeamento realizado e incorporado para a análise da vulnerabilidade ambiental diz respeito às áreas impermeáveis do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio. O uso e cobertura do solo bem com a impermeabilização das áreas correspondem ao fator social necessário na análise da vulnerabilidade ambiental, tendo em vista que estes mapeamentos refletem a ação humana atuante na alteração do ambiente natural.

Assim foram atribuídos pesos para as áreas permeáveis e impermeáveis conforme está apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Áreas impermeáveis e permeáveis com os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

Categorias	Unidade de relevo	Valores de vulnerabilidade
Baixa	Permeável	1
Alta	Impermeável	3

Fonte: França (2018).

Partindo da literatura especializada e das informações presentes nesta pesquisa, de que o uso da terra é destinado para as relações socioeconômicas e que a impermeabilização dos solos juntamente com os tipos de uso representam as alterações das manifestações sociais presentes em determinada localidade, adotou-se os mapas de uso e cobertura da terra e impermeabilização dos solos como a espacialização das informações sociais necessárias para a inter-relação da vulnerabilidade ambiental na área de estudo.

No que diz respeito à distribuição pluviométrica, foram analisados os trabalhos de Ross (1990, 1994) que tratam dos níveis de interferência da precipitação pluviométrica na estabilidade dos ambientes e de Crepani *et al* (2001).

Baseando-se na classificação dos cinco níveis hierárquicos das características pluviométricas de Ross (1990, 1994), Morais (2018), realizou adaptações para estudos realizados na Ilha do Maranhão. Seguindo esta adaptação e para esta pesquisa, incorporaram-se os pesos da vulnerabilidade, onde o 1 corresponde à áreas com menor índice pluviométrico, 2 aos índices intermediários e 3 para índices elevados, sendo 1,5 e 2,5 valores intermediários em suas respectivas classes (Tabela 6, p. 92).

Tabela 6 - Níveis hierárquicos das características pluviométricas

Características pluviométricas	Níveis hierárquicos	Pesos da vulnerabilidade
Situação pluviométrica com distribuição regular superiores a 1000 mm/ano.	1. Muito baixa ou nula	1
Situação pluviométrica com distribuição regular não muito superior a 2000 mm/ano.	2. Baixa	1,5
Situação pluviométrica anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março com volumes anuais de aproximadamente 1500 mm/ano.	3. Média	2
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração de chuvas no verão entre novembro e abril quando ocorrem de 70 a 80 % do total de chuvas com volumes anuais entre 15000 e 2000 mm/ano.	4. Forte	2,5
Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).	5. Muito Forte	3

Fonte: França (2018) adaptado de Moraes (2018).

Analisando a classificação supracitada e as características físicas das chuvas da região nordeste (Tabela 7) levantadas e organizadas por Crepani *et al* (2001), atribuiu-se o peso para precipitação na área de estudo.

Tabela 7 - Características físicas das chuvas na região nordeste

Região	Pluviosidade Média Anual (mm)	Duração do Período Chuvoso (meses)	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	
			Mínima	Máxima
Nordeste	300 a 2000	1 a 3	100,0	2000,0

Fonte: Crepani *et al* (2001).

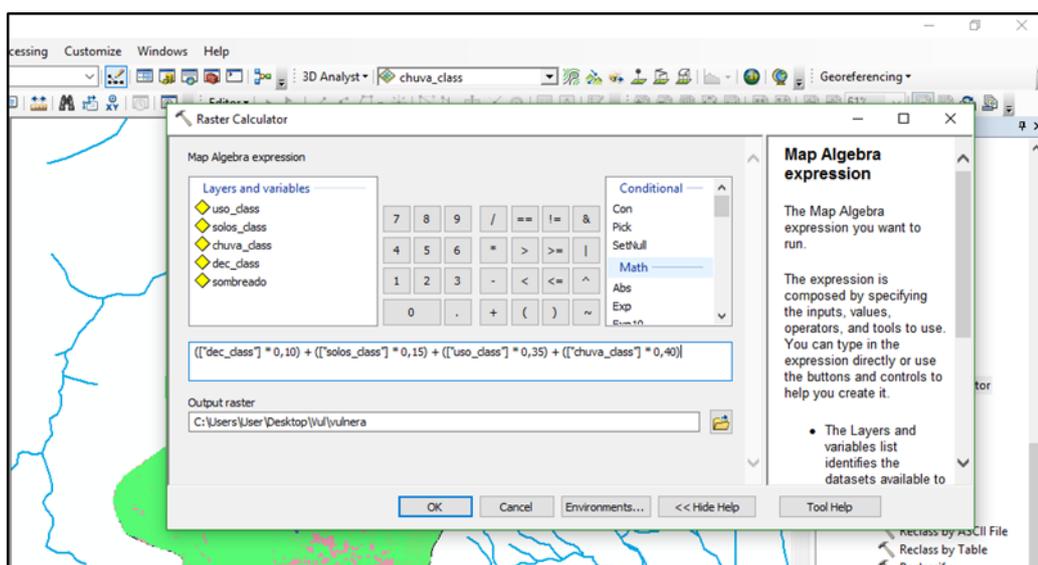
Para melhor espacializar o mapa de índices pluviométricos, o mesmo apresenta três classes, onde os valores estão em conformidade com o intervalo da média apresentada na tabela

6 acima. Porém, considerando que o intervalo entre as classes é de apenas 2 mm, que as características pluviométricas da área em estudo estão inseridas na classe forte da referida tabela e que o período chuvoso na Ilha do Maranhão tem duração de seis meses atribuiu-se peso 3 para todo o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio neste quesito⁶².

Com base na literatura e nos trabalhos de campo, foram sintetizados na Tabela 8, p.94 os pesos e valores percentuais atribuídos para o mapa da vulnerabilidade ambiental a alagamentos na área de estudo. A partir da vivência na bacia hidrográfica estudada, pode-se atribuir os valores percentuais que mais influenciam de forma direta para a ocorrência dos fenômenos em questão.

O mapeamento da vulnerabilidade ambiental foi realizado no SIG ArcGis® 10.2, onde todas as informações vetoriais foram transformadas para dados matriciais. Uma vez transformados em matriz, os dados foram reclassificados e foram atribuídos os respectivos pesos. De posse dessas informações, os dados foram inseridos no *Raster Calculator* do SIG onde o mapa foi gerado (Figura 17). Posteriormente, as informações foram analisadas para validação do produto cartográfico.

Figura 17 - Representação da equação realizado no raster calculator para a geração do mapa de vulnerabilidade ambiental



Fonte: França (2018).

⁶² É importante ressaltar que a variação pluviométrica em uma área de 29,15 Km² não é acentuada, sobretudo na área de estudo, o que torna justificada a utilização de um peso único no quesito pluviosidade em toda a área de estudo.

Tabela 8 - Valores de vulnerabilidade ambiental atribuídas para o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

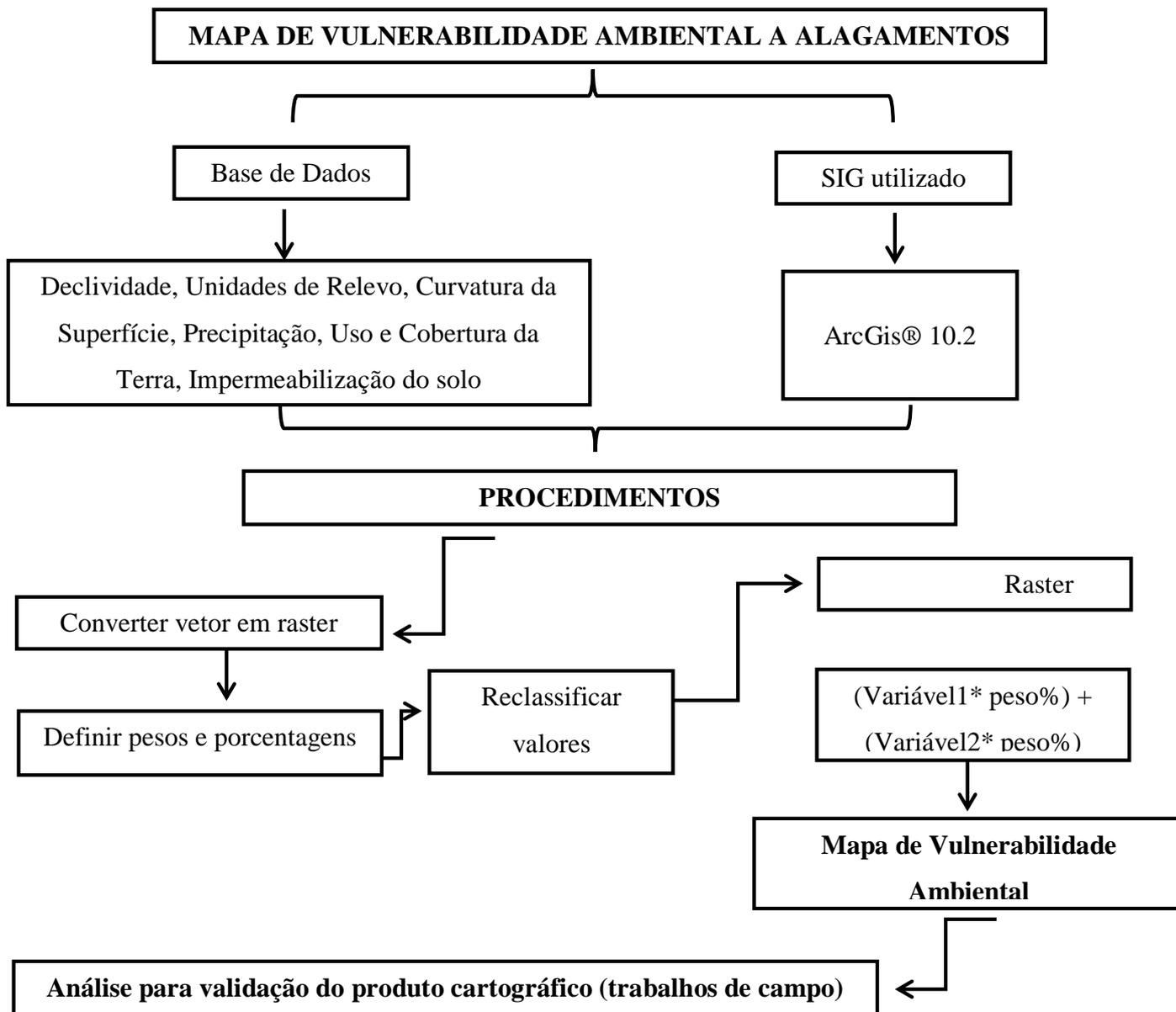
Categorias	Características	Valores de vulnerabilidade (Pesos)	%
Declividade	> 12 %	1	15%
	12 – 2 %	2	
	< 2%	3	
Unidades de relevo	Planície fluvial	1	15%
	Colinas esparsas	2	
	Tabuleiros com topos planos	3	
Curvatura da superfície	Convexa	1	15%
	Retilínea	2	
	Côncava	3	
Impermeabilidade dos solos	Permeável	1	20%
	Impermeável	3	
Uso e cobertura	Vegetação secundária	1	15%
	Área urbanizada	3	
Precipitação	1.777 mm – 1.779 mm	3	20%
	1.780 mm – 1.781 mm		
	1.782 mm – 1.785 mm		

Fonte: França (2018).

A partir da análise dos modelos propostos para o mapeamento da vulnerabilidade ambiental, entendeu-se que a adaptação da metodologia de Crepani *et al* (2001) se enquadra melhor, tendo em vista o *software* utilizado.

Por se tratar de um modelo matemático em ambiente SIG, este não espacializa de forma totalmente satisfatória o que se encontra no campo. Para melhor visualização dos procedimentos utilizados na elaboração deste mapa apresenta-se na Figura 18, pág. 95 a estruturação dos mesmos.

Figura 18 - Fluxograma estrutural do mapa de vulnerabilidade ambiental a alagamentos



Fonte: França (2018).

2.2 Trabalho de Campo

Os trabalhos de campo são essenciais durante a pesquisa geográfica, uma vez que através deles o pesquisador pode estabelecer relações entre teoria e prática. A validação das informações geradas em gabinete e/ou laboratório é realizada *in loco* e a relação estabelecida entre o pesquisador e a área de estudo se concretiza aqui, neste item.

No que tange esta pesquisa, os trabalhos de campo são fundamentais e de certo modo norteadores, uma vez que existe certa limitação por parte do mapeamento dos aspectos geoambientais, o que conseqüentemente reflete no mapeamento da vulnerabilidade ambiental. É através do trabalho de campo que se pode questionar o mapeamento e entender o porquê da ocorrência dos alagamentos na área de estudo.

O primeiro trabalho de campo ocorreu em agosto de 2017 para reconhecimento da área de estudo e identificação das localidades com alagamentos. Os trabalhos de campo subsequentes se deram a partir do mês de outubro de 2017 até julho de 2019, totalizando 15 trabalhos de campo com a equipe do GEOMAP.

Durante os trabalhos de campo foram utilizados os seguintes equipamentos: máquina fotográfica, GPS - *Global Positioning System*, trena e caderneta de campo. Dos 15 trabalhos de campo 10 ocorreram no período chuvoso e cinco no período seco, pois durante o período tem-se a maior ocorrência do fenômeno estudado nesta pesquisa, uma vez que, as precipitações são fundamentais para o diagnóstico dos alagamentos.

Os trabalhos de campo foram fundamentais para o diagnóstico de áreas com ocorrência de alagamentos, para o diálogo com a população afetada e para a melhor caracterização geoambiental do sistema.

2.2.1 Realização de entrevistas

Para a obtenção de informações referentes aos alagamentos na área de estudo, fez-se necessário ouvir a população atingida pelos fenômenos. Neste sentido, optou-se pela utilização de entrevistas como instrumento de coleta, pois segundo Costa (2018), este instrumento pode ser utilizado com a população alfabetizada e não alfabetizada; existe a flexibilidade de reformulação; obtenção de dados que não constam em documentos; e a possibilidade de obter informações mais precisas, tendo em vista que estes vivenciam o fenômeno.

O objetivo das entrevistas foi auxiliar na identificação das áreas com ocorrência de alagamentos graduais e bruscos⁶³, caracterização da população atingida e coletar informações referentes aos prejuízos que os fenômenos têm trazido aos habitantes.

O roteiro de entrevistas é composto por 12 perguntas sendo subdivididas em duas seções, a primeira com seis perguntas relacionadas ao histórico de ocupação e saneamento

⁶³ Esta terminologia é utilizada para as inundações por Castro (2007). No entanto, pela ausência de terminologias para os eventos de alagamentos quanto a sua magnitude e pelo fato de que na área de estudo os fenômenos ocorrem de maneira mais acentuada em determinadas localidades adotou-se esta terminologia para esta pesquisa.

básico e a segunda com seis perguntas relacionadas aos fenômenos de alagamentos, prejuízos e saúde dos afetados. Este roteiro foi adaptado de Boulomytis *et al.* (2015), o qual está disponível no Apêndice A.

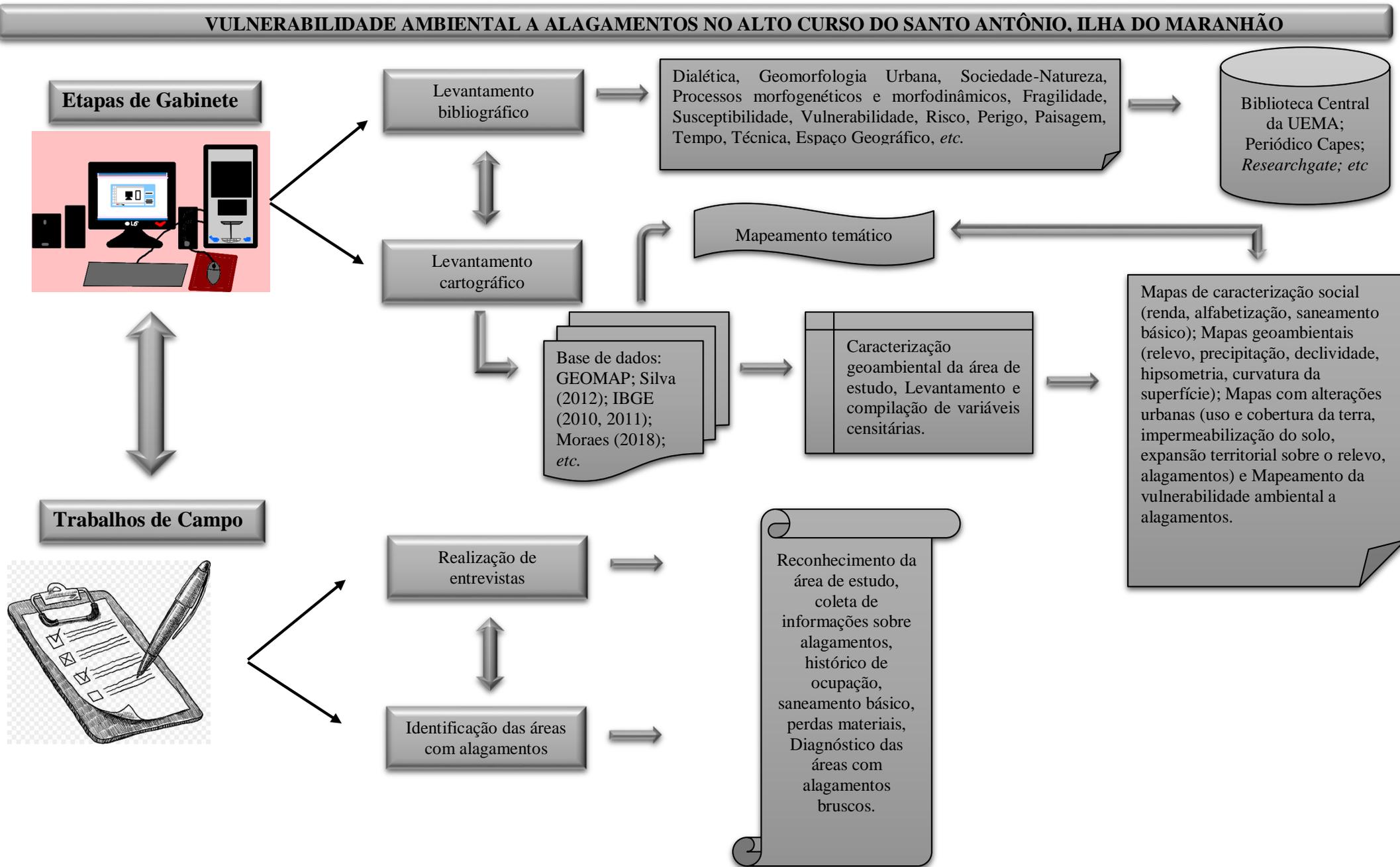
Apesar de realizar um mapeamento para toda a área de estudo, a presente pesquisa priorizou as áreas com ocorrência de alagamentos bruscos. Por esta razão as entrevistas foram realizadas apenas nessas localidades, totalizado 15 entrevistas.

2.2.2 Identificação das áreas com alagamentos bruscos

Inicialmente foram analisadas as imagens do *software* Google Earth® para identificar as áreas com pavimentação asfáltica e com maior adensamento de construções. Posteriormente foi-se a campo onde diagnosticou-se as áreas com ineficiência no sistema de drenagem e com ausência deste sistema. As entrevistas auxiliaram no processo de delimitação das áreas com ocorrência dos alagamentos bruscos.

Inicialmente foram pontuadas as localidades para posteriormente, uma vez elaborado o mapeamento da vulnerabilidade ambiental, fosse possível a comparação das informações e análise dos dados. Para melhor visualização dos caminhos percorridos nesta pesquisa, a seguir está disposto um fluxograma resumido dos procedimentos adotados (Figura 19, p. 98).

Figura 19 – Fluxograma metodológico resumido da pesquisa



*CAPÍTULO 3 - ASPECTOS
FISIOGRÁFICOS E HISTÓRICOS
DA PAISAGEM DO ALTO
CURSO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO SANTO
ANTÔNIO, ILHA DO
MARANHÃO*

Em termos geográficos, acredita-se que para se entender os fenômenos ocorrentes em qualquer área, é necessário o conhecimento dos aspectos ambientais existentes. Partindo do pressuposto que a Geografia estuda as correlações existentes entre sociedade e natureza, e que estas relações não são dicotômicas, mas complementares, neste capítulo são apresentados os aspectos naturais e históricos do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio. Ressalta-se que para fins didáticos estes aspectos estão dispostos separadamente, mas que no espaço geográfico eles agem de maneira consubstanciada.

3.1 Aspectos Fisiográficos do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Dentre todas as características geoambientais existentes no planeta Terra, o estudo do clima pode ser considerado como central e norteador para o entendimento dos demais aspectos, uma vez que este influencia os processos atuantes na biosfera, hidrosfera e litosfera.

Sob os diversificados processos atmosféricos, o clima influencia diretamente na geologia, geomorfologia, pedologia e demais aspectos ambientais, pois este é regido por um conjunto integrado de fenômenos que se fundem no tempo e no espaço, revelando uma unidade ou tipo passível de ser medido em seu tamanho (extensão) e em seu ritmo (duração) (RIBEIRO, 1993).

Sabendo que nas áreas urbanas, os efeitos das atividades humanas podem interferir no clima das cidades, gerando impactos diretos nas precipitações (COSTA, 2018), e que estas estão diretamente relacionadas com os fenômenos de alagamentos, aborda-se neste item o clima da Ilha do Maranhão, com ênfase na pluviosidade.

De acordo com Perez (2003), a região nordeste brasileira (NEB) apresenta uma variabilidade climática acentuada do ponto de vista da pluviosidade, o que não se observa em outras regiões do país. Tal variabilidade é caracterizada principalmente pelos deslocamentos anuais da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)⁶⁴ que tem maior influência no período chuvoso da região, e conseqüentemente sobre a zona costeira maranhense (HASTENRATH e LAMB, 1977; SANTOS, 2008).

De acordo com Pinheiro (2017), a ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação da escassez ou abundância da precipitação no setor norte do Nordeste

⁶⁴ Segundo INMET (2018a) a Zona de Convergência Intertropical - ZCIT – é uma estreita faixa de nuvens onde se encontram os ventos alísios do Hemisfério Norte e do Hemisfério Sul.

brasileiro. Normalmente este sistema meteorológico migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, entre os meses de agosto e setembro para posições mais ao sul, aproximadamente 4°S, nos meses de março e abril (FUNCEME, 2002).

A área de atuação da ZCIT é aumentada em até 5°S com o fortalecimento dos alísios de nordeste e sudeste, o que propicia o aumento dos totais normais de precipitação na região nordeste do país (MENEZES, 1995). Esse sistema meteorológico atua na Ilha do Maranhão como o principal mecanismo climático de geração de chuvas, determinando a existência de dois períodos distintos: um período quente chuvoso e um período quente seco ou de estiagem (PINHEIRO, 2015).

Além da atuação da ZICT outro sistema meteorológico tem relevante importância para a distribuição da precipitação na NEB, conhecido como Vórtice Ciclônico em Altos Níveis (VCAN). Este é definido como um sistema de baixa pressão de escala sinótica formado na alta troposfera, com circulação ciclônica fechada e que possui o centro mais frio do que a sua periferia (KOUSKY e GAN, 1981).

De acordo com Reis (2018) este sistema em especial, é capaz de causar tempo estável no centro da NEB e altas precipitações nas bordas. Inúmeros VCANs foram responsáveis por extremos de precipitação na NEB, principalmente quando associados a outros fenômenos de escalas sinóticas. Segundo Moraes e Gan (2019) o ciclo vital dos VCANs varia de dois a quatro dias, sendo considerado relativamente curto, porém de alta intensidade.

Os VCANs começam atuar no Maranhão nos meses de novembro e dezembro, sendo mais frequentes em janeiro, favorecendo ou não as chuvas no estado, dependendo da posição do seu centro (NUGEO, 2019).

Porém, ressalta-se que associada à ação da ZCIT e dos VCANs, outros eventos também influenciam na dinâmica climática da ilha, tais como os fenômenos cíclicos do El Niño e La Niña, a presença dos ventos alísios e ventos locais (brisa marítima e terrestre), bem como as manifestações oceânicas do Dipolo do Atlântico⁶⁵ (TSM – Temperatura da Superfície do Mar). Estes mecanismos atuam isoladamente ou conjuntamente, gerando condições

⁶⁵ Dipolo do Atlântico é um fenômeno oceano/atmosférico que causa uma mudança anômala na temperatura da superfície da água do mar no Oceano Atlântico Tropical. Assim quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais quentes e as águas do Atlântico Equatorial e Tropical Sul estão mais frias existem movimentos descendentes transportando ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a região setentrional, central e sertão do Nordeste inibindo a formação de nuvens e diminuindo a precipitação, podendo causar secas. Por outro lado, quando as águas do Atlântico Tropical Norte estão mais frias e as águas do Atlântico Tropical Sul estão mais quentes existem aumento nos movimentos ascendentes sobre estas regiões, intensificando a formação de nuvens e aumentando os totais pluviométricos (ARAGÃO, 1998).

atmosféricas que proporcionam as configurações climatológicas existentes na ilha (PINHEIRO, 2015).

Segundo Pinheiro (2015), quando a TSM é mais fria que o normal no Pacífico Tropical ocorre o fenômeno La Niña e quando a TSM fica mais elevada que o normal, ocorre o El Niño. Tais fenômenos têm efeitos contrários sobre a precipitação no NEB e Ilha do Maranhão. Enquanto o El Niño é responsável pela diminuição pluviométrica na região supracitada, a La Niña provoca o aumento destes índices.

Pinheiro (2017) ressalta ainda que existem sistemas convectivos geradores de pluviosidade que ocasionam chuvas isoladas na Ilha do Maranhão, principalmente durante o período de seca ou estiagem, sendo denominadas de chuvas convectivas.

Segundo Varejão-Silva (2006), as chuvas convectivas acontecem quando o ar quente e úmido da superfície ascende em altitude, e com isso provoca o efeito de expansão adiabática⁶⁶, o que gera seu rápido resfriamento, ocasionado pelas diferenças de temperatura na coluna vertical da troposfera. A rápida mudança de estado físico da água com a condensação do vapor d'água, através da passagem do calor sensível para calor latente, provoca chuvas intensas e isoladas. Sua ocorrência é frequente, por toda a Ilha, e causa grande volume de precipitação em determinados locais e em curto espaço de tempo (PINHEIRO, 2017).

Partindo disto e da literatura especializada, o clima da Ilha do Maranhão e entorno é caracterizado por ser tropical chuvoso, com períodos secos no inverno (STRAHLER, 1960); quente com chuvas de verão, isto é, Aw (KÖPPEN e GEIGER 1928; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007); e quente e úmido, com características equatoriais (ARAÚJO e SANT'ANNA NETO, 2002).

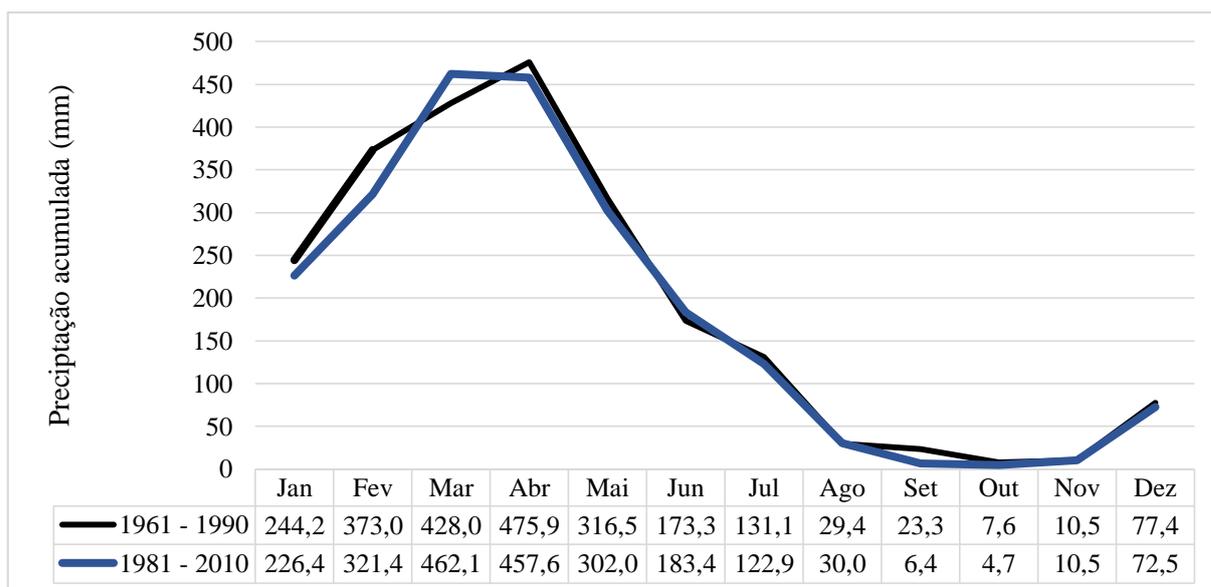
De acordo com UFMA (2009), são pequenas as variações térmicas ocorrentes ao longo do ano, ficando a média em torno de 26,9 °C, sendo os meses de novembro e dezembro os de maiores temperaturas e os de fevereiro, março e julho, com menores temperaturas, com destaque para este último mês, o qual é o último do período chuvoso e também coincidente com o inverno no hemisfério Sul.

Com quase nenhuma variação ao longo do ano, as temperaturas são uniformemente distribuídas ao longo do mesmo. Apenas tendo uma ligeira redução nas médias e máximas, fato explicado em função da maior nebulosidade e diminuição da radiação direta. Na realidade, as variações de temperatura mais significativas acontecem no decurso do dia e da noite, seguindo o movimento aparente do sol e a ocorrência de maior ou menor nebulosidade, acompanhadas ou não de precipitação (UFMA, 2009, p. 150).

De acordo com a literatura especializada o termo adiabática está relacionado a um processo que ocorre sem que haja troca de calor com o ambiente. Durante a expansão adiabática o sistema realiza trabalhos sobre o meio a energia interna diminui, ocorrendo assim um resfriamento ou diminuição de temperatura.⁶⁶

Com relação à análise pluviométrica, na Ilha do Maranhão, de forma generalizada, os autores apontam que o período chuvoso ocorre de janeiro a junho e o seco de julho a dezembro (SOUSA, 2009; UFMA, 2009). Porém, ao se analisar as Normais Climatológicas de 1961-1990 e 1981-2010 nota-se que apesar de ocorrer a diminuição dos índices pluviométricos nos meses de junho e julho, somente a partir do mês de agosto têm-se uma diminuição considerável para a caracterização do período de estiagem (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Comparativo da precipitação acumulada (mm) das Normais Climatológicas 1961-1990/ 1981-2010



Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Além deste fato, observa-se ainda que os índices pluviométricos diminuíram na última Normal Climatológica (1981-2010), com exceção apenas dos meses de março e junho, sendo o mês de fevereiro o que apresentou menor diminuição com 51,4 mm a menos que a normal anterior.

Considerando que a última Normal Climática data de 1981-2010 sendo considerada recente, e que nove anos passaram-se após a coleta destes dados, utilizou-se ainda nesta pesquisa os dados de precipitação mensal e diária acumulada dos últimos nove anos para análise do comportamento pluviométrico em São Luís, que tem reflexos significativos na área em estudo.

De acordo com os dados do INMET (2018a) a variação pluviométrica ocorrente no período dos 2011 a 2018 em São Luís variou entre 977,5 a 2.520,5 mm/ano, sendo 2011 o ano de maior precipitação e o menor em 2012 na capital maranhense, registrando-se em março os

maiores valores de precipitação acumulada mensal e em setembro os menores índices (Gráfico 2).

Gráfico 2 - Média da precipitação acumulada mensal de 2011 a 2018 em São Luís - MA



Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

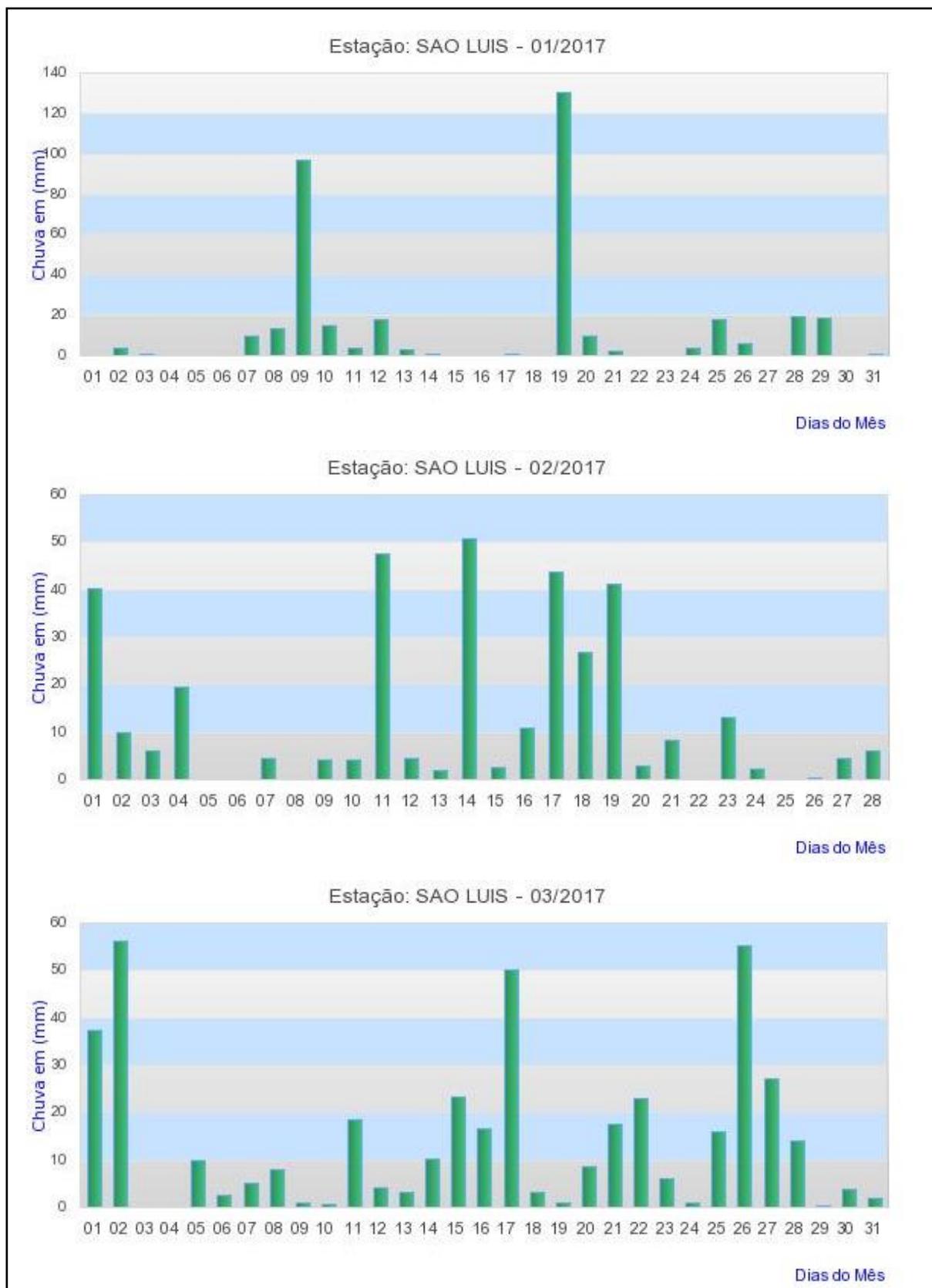
Analisando os dados de precipitação diária referente aos anos de 2017 a 2019, período de realização desta pesquisa, observa-se que em 2017 os meses com melhor distribuição pluviométrica diária⁶⁷ foram março com 28 dias de chuva não ultrapassando 55 mm e fevereiro com 24 dias não ultrapassando 50 mm. Porém, no dia 19 de janeiro registrou-se a maior precipitação acumulada em 24 horas do ano de 2017, aproximadamente 130 mm (Gráfico 3, p.105 e Gráfico 4, p. 106).

Durante o período chuvoso de 2018 os meses de fevereiro e março mantiveram a média de precipitação acumulada em 24 horas, no entanto o mês de abril apresentou volume pluviométrico maior em 2018 quando comparado ao ano anterior (Gráfico 5, p.107).

Em 2019, porém, observou-se um comportamento diferenciado no que diz respeito à distribuição diária da precipitação durante os meses de janeiro, abril, maio e junho, pois estes mantiveram-se um padrão pluviométrico não ultrapassando 70 mm, enquanto que nos dois anos anteriores as chuvas em alguns destes meses chegaram a ultrapassar 100 mm (Gráfico 6, p.108).

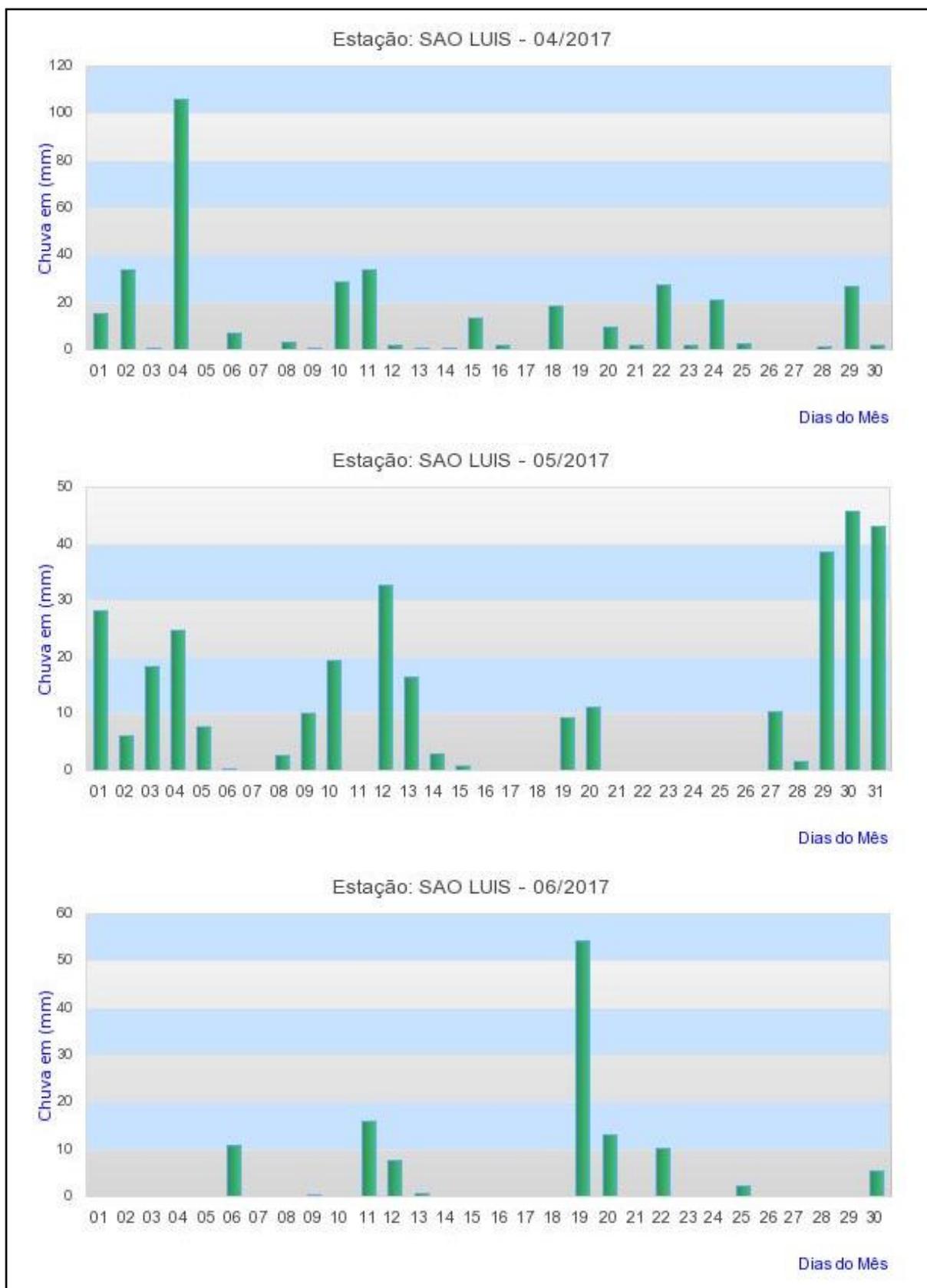
⁶⁷ Trata-se da quantidade de dias em que choveu naquele mês na área de estudo.

Gráfico 3 - Precipitação acumulada em 24 horas durante os meses de janeiro a março (período chuvoso) de 2017



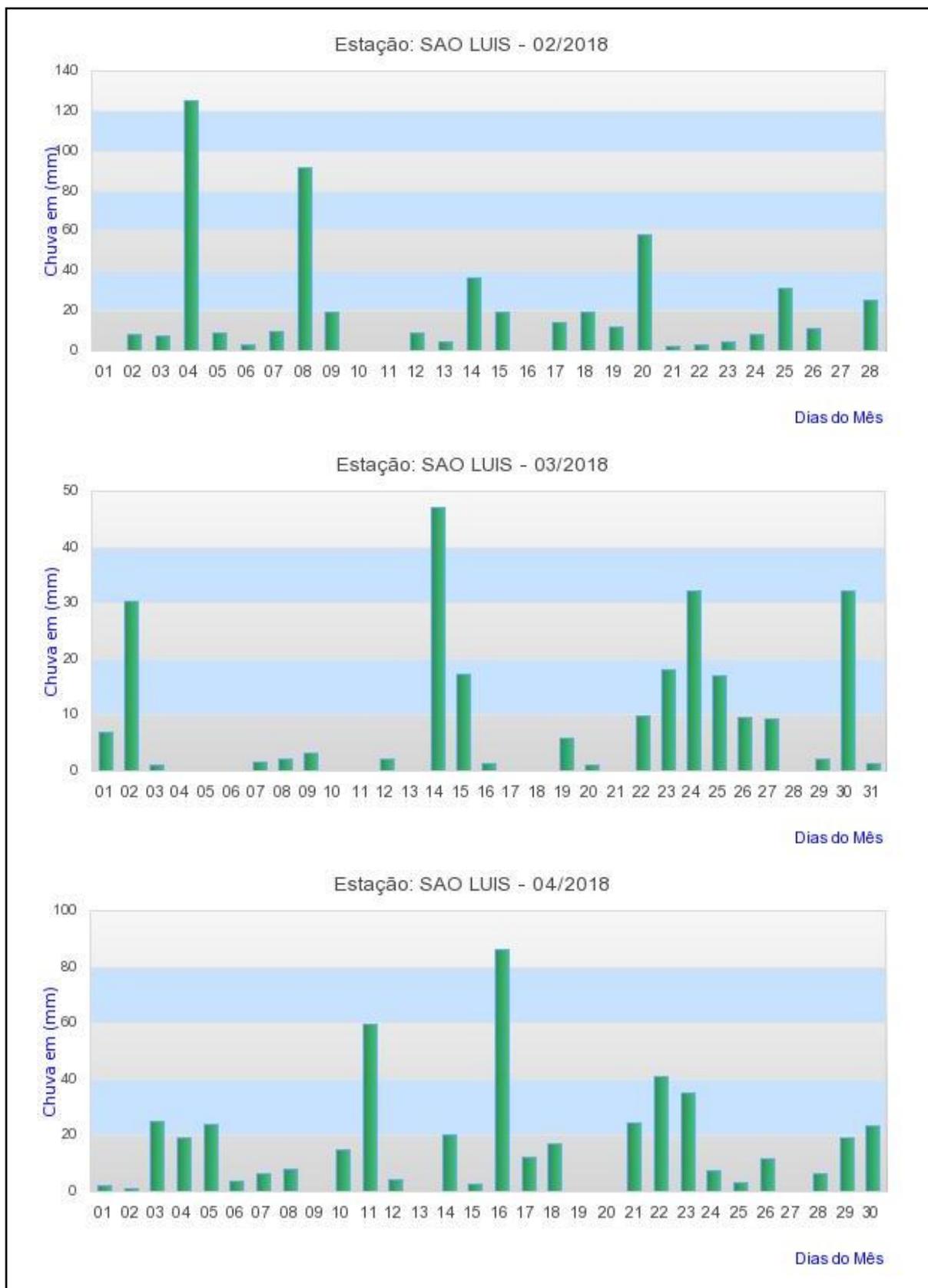
Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Gráfico 4 - Precipitação acumulada em 24 horas durante os meses de abril a junho (período chuvoso) de 2017



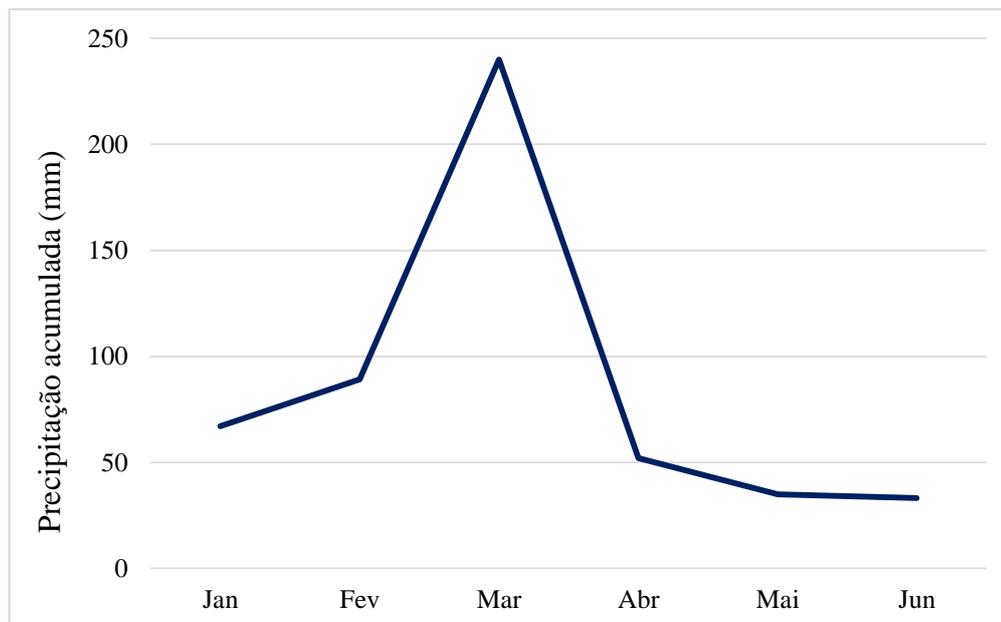
Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Gráfico 5 - Precipitação acumulada em 24 horas durante dos meses de fevereiro, março e abril (período chuvoso) de 2018



Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Gráfico 6 – Média da precipitação acumulada mensal do período chuvoso em 2019



Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Analisando o intervalo temporal da pesquisa (2017 a 2019), percebe-se que durante o período chuvoso destes três anos, o mês de junho apresentou maior distribuição pluviométrica diária apenas no ano de 2019, chovendo 18 dias ao longo do mês com precipitações acima de 30 milímetros, enquanto que nos dois anos anteriores as chuvas neste mês não ultrapassaram 9 dias. Os meses de fevereiro e março, por sua vez, apresentaram um padrão de distribuição diária em 2017 e 2018 muito similar, com ocorrência de precipitação em quase todos os dias.

Porém, nota-se que, no ano de 2019 o mês de março apresentou uma distribuição mensal irregular da pluviosidade. Enquanto em 23 dias a precipitação acumulada em 24 horas não ultrapassou 70 mm, no dia 24 de março a precipitação diária acumulada foi de 240 mm aproximadamente (Gráfico 7, p. 109).

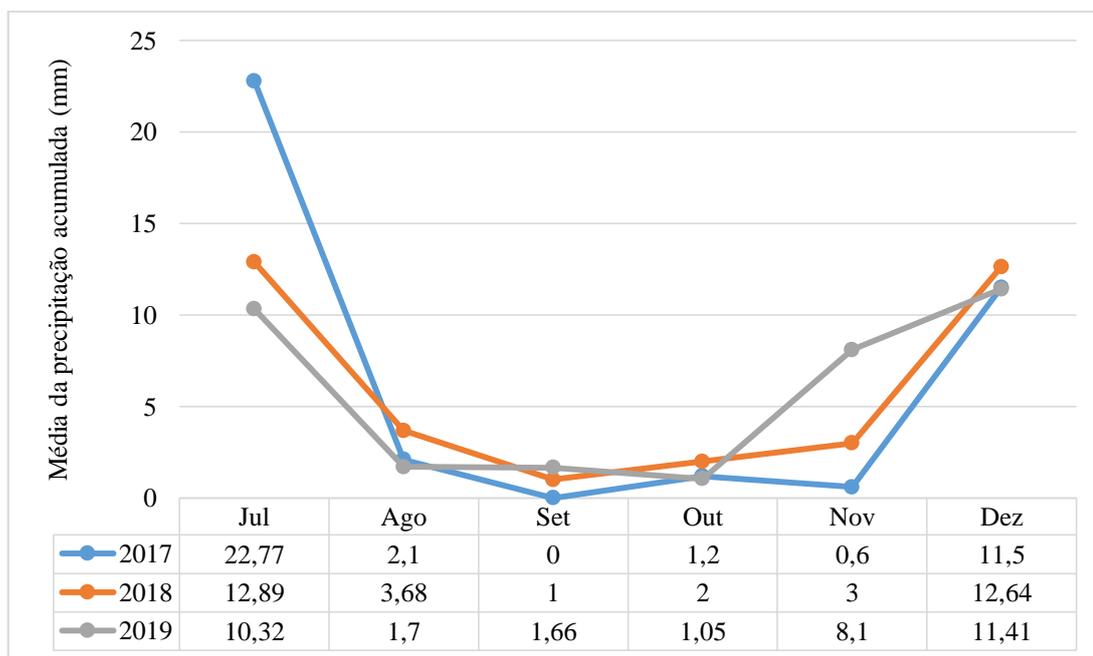
Em contrapartida, durante o período seco não se observa variações pluviométricas significativas. Durante os meses de julho e agosto ainda têm-se a ocorrência de precipitações, com diminuição mais acentuada do volume pluviométrico no mês de agosto. Durante os anos de 2017 e 2018 identificou-se que o mês de setembro é o mais seco, sem registro de precipitações em 2017 e com 13 mm de chuva no dia 09 de 2018 (Gráfico 8, p.109).

Gráfico 7 – Chuva acumulada em 24 horas durante o mês de março de 2019



Fonte: INMET (2018a).

Gráfico 8 – Média da precipitação diária acumulada em 24 horas durante o período seco dos anos de 2017 a 2019



Fonte: INMET (2019).

Durante os dois anos supracitados entre os meses de setembro e outubro, a precipitação diária não ultrapassou 14 mm com chuvas ocorrendo até três dias em todo o mês.

No entanto, em novembro de 2018 ocorreram eventos pluviométricos distintos nos dias 29 e 30, os quais não ficaram registrados nos gráficos do INMET⁶⁸. De acordo com informações coletadas no NUGEO, as condições do tempo, tais como a influência do escoamento em altos níveis combinado ao intenso aquecimento em superfície e forte umidade do ar, favoreceram a ocorrência de precipitações consideradas de moderada a forte em todo o estado do Maranhão, sendo mais intensas no período noturno. Tais precipitações estavam acompanhadas de descargas atmosféricas, rajadas de ventos e trovoadas.

Associada a estas condições meteorológicas, a ocorrência de um VCAN nestes dois dias contribuiu significativamente para o alto índice pluviométrico registrado pelo NUGEO, o qual gerou prejuízos financeiros em grande parte da Ilha do Maranhão. Eventos como enchentes, inundações, alagamentos, enxurradas e movimentos gravitacionais de massa foram registrados em diversos lugares da ilha nestes dois dias. De acordo com informações disponibilizadas pelo NUGEO, o acumulado das precipitações registrado em 24 horas⁶⁹, na capital maranhense foi em média 100 mm.

Diversos jornais da ilha noticiaram os transtornos ocorridos. De acordo com o G1 – Maranhão a chuva que durou a noite do dia 29 e durante o dia 30 provocou alagamentos no túnel localizado na avenida Jerônimo de Albuquerque - bairro Cohab comprometendo o trânsito, derrubou postes no bairro da Maioba, desencadeou um deslizamento de terra na avenida Litorânea e desabamento de casas na rua do Aririzal (Figura 20, p.111).

Além disso diversos veículos ficaram comprometidos pelos alagamentos em diversos pontos da ilha, além de que associado às chuvas uma grande quantidade de sedimentos foi sendo carregada pelo escoamento superficial e vazão de alguns rios o que deixou inúmeros bancos de areia e lama ao longo das cidades que compõe a ilha.

No Parque Araçagi um veículo ficou preso nos bancos de areia formados pelos sedimentos carregados durante a chuva e no bairro Planalto Vinhais II um motorista ficou com parte de seu veículo preso em uma avenida em que parte do asfalto cedeu e estava coberta por lama (Figura 21, p.111).

No que diz respeito a distribuição pluviométrica diária em 2019 têm-se nos meses de abril e maio aproximadamente 15 dias de chuva com variação pluviométrica entre 10 e 50 mm por dia; no entanto, o mês com maior volume precipitado foi março, onde apenas no dia 24 ocorreu uma precipitação de 240 mm aproximadamente.

⁶⁸ O Núcleo Geoambiental da UEMA analisou e forneceu através de uma entrevista algumas informações referentes ao evento pluviométrico dos dias 29 e 30 de novembro de 2018.

⁶⁹ Mais especificamente entre as 9 horas do dia 29 e 09 horas do dia 30.

Figura 20 – Transtornos na Ilha do Maranhão provocados pela chuva nos dias 29 e 30 novembro de 2018: A – Alagamento no túnel da Cohab; B – Poste derrubado pela chuva no bairro Maioba; C – Deslizamento de terra na avenida Litorânea; D – Parte de uma residência que desabou na rua do Aririzal



Fonte: TV Mirante (2018).

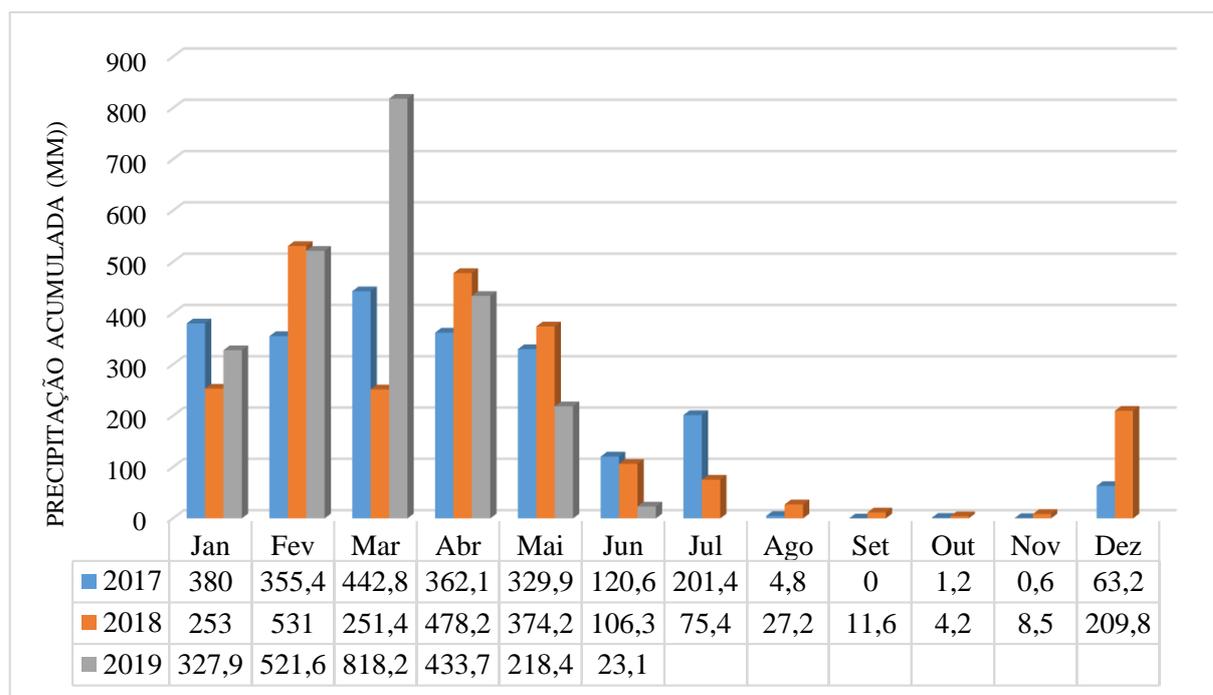
Figura 21 – Veículos comprometidos pelas chuvas ocorridas no dia 29 e 30



Fonte: TV Mirante (2018).

Quando comparada a precipitação acumulada mensal destes três anos (2017-2019), têm-se em março de 2019 os maiores índices pluviométricos, com 818,2 mm, seguido do mês de fevereiro com 521,6 mm, uma diferença de 292,6 mm (Gráfico 9, p.112).

Gráfico 9 - Precipitação acumulada mensal entre 2017 a junho de 2019 em São Luís – MA

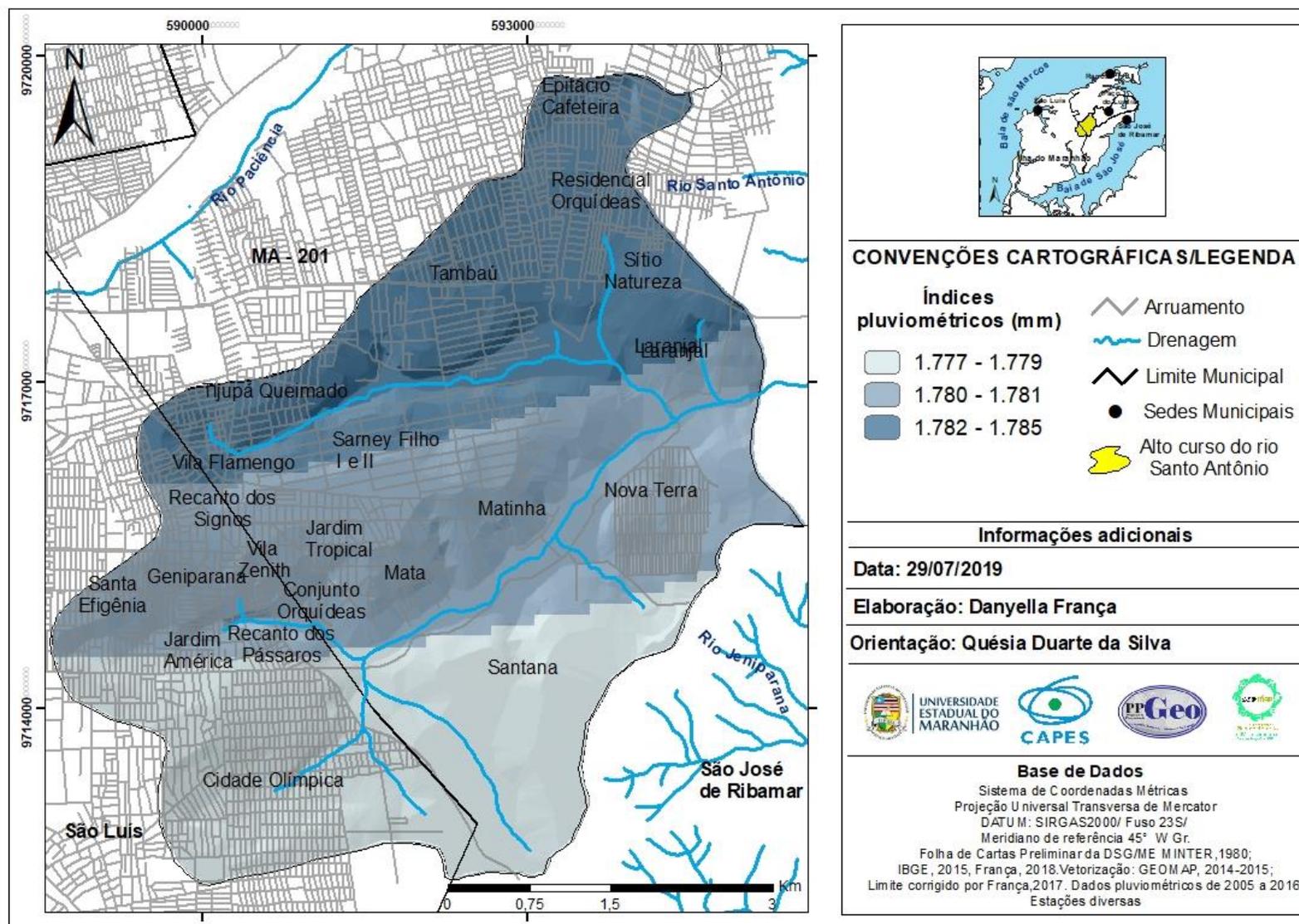


Fonte: INMET (2018a) organizado por França (2019).

Considerando assim os dados levantados nesta pesquisa (vide procedimentos) e as características climáticas presentes na Ilha do Maranhão, com ênfase para a pluviosidade, entende-se que os alagamentos na área em estudo ocorrem no primeiro semestre de cada ano, sendo a ocorrência de alagamentos bruscos mais recorrente nos meses de maior precipitação acumulada, podendo ocorrer no período seco em casos de chuvas excepcionais.

Para que a análise da vulnerabilidade ambiental a alagamentos fosse possível, necessitou-se espacializar os dados referentes à pluviosidade da área de estudo. Sabendo da limitação dos dados (vide procedimentos), utilizou-se o mapeamento realizado por Moraes (2018) para a Ilha do Maranhão. A partir disto, espacializou-se a distribuição pluviométrica no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão (Mapa 2, p. 113).

Mapa 2 - Distribuição dos índices pluviométricos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

O mapa de distribuição dos índices pluviométricos da área de estudo foi dividido em três classes, porém a diferença entre estas é pequena, sendo considerado que a distribuição pluviométrica na área de estudo não apresenta disparidades acentuadas. Assim, entende-se que a pluviosidade na área de estudo não possui variações areais significativas, sendo o volume precipitado similar em todo o alto curso, culminando em alagamentos na bacia em questão.

Em termos geológicos, a Ilha do Maranhão está localizada na porção central do Golfão Maranhense. Este, por sua vez, faz parte do conjunto dos três modelados que balizam o setor norte do litoral brasileiro e que de acordo com Ab'Saber (1960, p. 35) “destaca-se do Golfão Marajoara e do Golfão Colmatado por apresentar características fisiográficas e geológicas que o individualizam”.

O Golfão Maranhense está localizado entre o Litoral Ocidental e Oriental do Estado do Maranhão, e “é caracterizado por um complexo estuarino, onde deságuam os afluentes dos rios Mearim, Itapecuru e Munim, entre outros menos expressivos” (EL-ROBRINI, *et. al.* 2006, p. 89).

Sobre a gênese e evolução deste, Ab'Saber afirma,

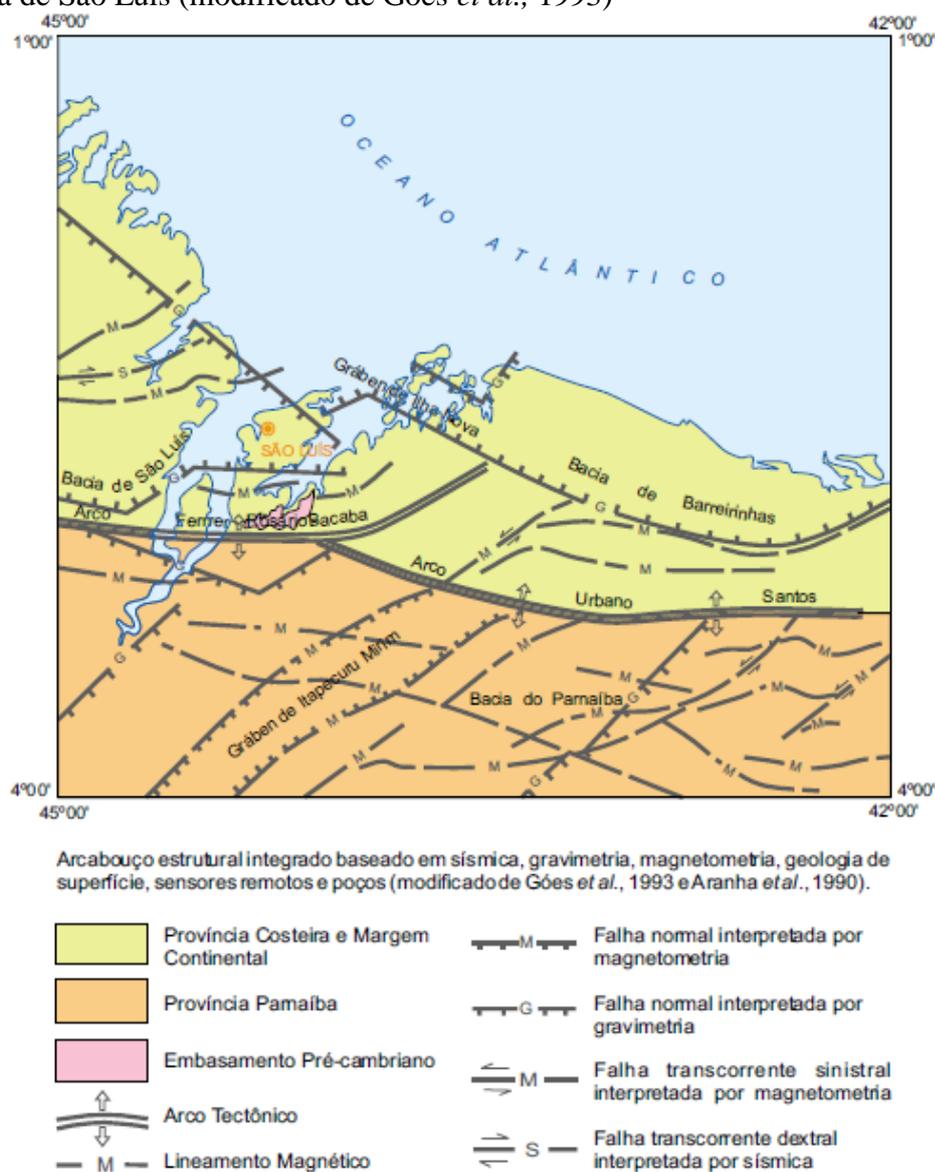
Houve um soerguimento epirogênico da faixa sedimentar da Série Barreiras, tendo a linha de costas atlânticas que na época já se achava a algumas dezenas de quilômetros além, restado ainda mais distante. Em consequência desse primeiro soerguimento, houve uma superimposição hidrográfica extensiva para a região. Após a primeira fase de encaixamento da drenagem superimposta pós-Série Barreiras, houve a formação de uma superfície intermediária, ligeiramente ondulada, no dorso das formações terciárias. Na fase máxima de aplainamento desse nível intermediário, sob condições climáticas bem diferentes das que hoje existem, formaram-se à custa de processos iluviais os horizontes de canga hoje observáveis a 25-30m nas colinas de nível médio da Ilha do Maranhão. A certa altura do Quaternário Antigo, os antigos estuários de São Marcos (coletor das águas do Mearim, Pindaré e Grajaú) e São José (coletor das águas do Itapecuru e do Munim), sofreram um extraordinário afogamento eustático, passando a constituir largas “rias” e dando origem pela primeira vez às atuais Baías de São Marcos e São José. Ao mesmo tempo, as águas que ingressaram pela embocadura desses dois cursos antigos envolveram o espigão terciário de São Luís pela sua porção anterior, dando origem pela primeira vez à Ilha do Maranhão. Houve a esse tempo, ainda, um afogamento de quase todas as embocaduras dos riachos principais da ilha recém-formada (AB'SÁBER, 1960, p. 37).

O autor supracitado supôs ainda que depois destes fatos, houve um ligeiro soerguimento costeiro, posterior a grande ingressão marinha do Pleistoceno Antigo. Após este “modesto” soerguimento Ab'Saber (1960) infere com base em seus estudos que, possivelmente ocorreu uma nova ingressão marinha, a qual foi responsável pela remodelação dos contornos internos do referido golfão. Porém, a última ingressão marinha, é considerada a responsável mais direta pelas atuais morfologias existentes na localidade.

Em termos estruturais, o Golfão Maranhense está inserido na Bacia Costeira de São Luís, que por sua vez, foi formada por um rifteamento que causou a fragmentação dos continentes americano e africano durante o Cretáceo (SILVA, 2012; SCHOBENHAUS, 1984).

Como pode ser observado na Figura 22 a referida bacia limita-se ao norte pelo Oceano Atlântico, mais precisamente com a plataforma continental, ao sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer - Urbano Santos, dispostos aproximadamente E-W, a leste pelo Horst de Rosário e a oeste pelo Arco de Tocantins, que a separa da Fossa de Marajó (RODRIGUES *et al.*, 1994; PEREIRA, 2006).

Figura 22 – Lineamentos aeromagnéticos das folhas São Luís NE e SE com a localização da bacia costeira de São Luís (modificado de Góes *et al.*, 1993)



Fonte: Veiga Júnior (2000).

De acordo com Rodrigues *et al* (1994); Almeida (2000) e Veiga Júnior (2000), a Bacia Costeira de São Luís possui aproximadamente 33.000 Km² de extensão continental, com cerca de 4.500m de sedimentos depositados ao longo da escala geológica de tempo. Acredita-se que destes, 2.500m foram depositados durante o Mesozoico (Cretáceo) e os outros 2.000m no Cenozoico. Estes sedimentos estão depositados sobre as rochas correspondentes ao embasamento cristalino que afloram ao norte da bacia sedimentar do Parnaíba e que foi denominado por Almeida (1967) de Cráton de São Luís.

Segundo a literatura especializada, na Bacia Costeira de São Luís, têm-se três unidades litoestratigráficas dispostas, sendo elas a Formação Itapecuru; Grupo Barreiras⁷⁰ e Formação Açuí (Quadro 17, p. 117). Veiga Júnior (2000, p. 14) afirma que a referida bacia “é constituída por rochas cretáceas da Formação Itapecuru, recobertas por formações superficiais de idade cenozoica: Paleogeno, Grupo Barreiras, coberturas lateríticas e depósitos quaternários”.

Conforme a literatura especializada, a Formação Itapecuru é composta por sedimentos compostos de arenitos finos, siltitos e folhelhos. Rodrigues *et al* (1994), a subdividiram em duas subunidades denominadas de Membro Inferior Psamítico e o Membro Superior Alcântara.

Pereira (2006, p. 66) discutindo sobre estas subunidades descreve que o “Membro Inferior Psamítico compõe-se por arenitos avermelhados e esbranquiçados, finos a médios, caulínicas, com estratificação cruzada, siltitos, calcarenitos e siltitos micáceos” enquanto que o “Membro Alcântara caracteriza-se por siltitos e folhelhos vermelhos, coesos, de laminação plano-paralela, intercalados com bancos tabulares a lenticulares de calcários creme-esbranquiçados. Essas rochas demarcam o último evento do Cretáceo Superior na plataforma” (RODRIGUES *et al.*, 1994, p.44).

⁷⁰Existe atualmente uma discussão em torno da nomenclatura Grupo Barreiras e Formação Barreiras. Rodrigues *et al.* 1994, utiliza o termo Formação Barreiras, porém neste trabalho utiliza-se o termo proposto por Bigarella e Andrade (1964), Grupo Barreiras, onde estes autores usaram para designar os sedimentos continentais que estão amplamente distribuídos em toda a área por eles trabalhada, separados da linha de costa pelas coberturas pleistocênicas e holocênicas. Segundo Veiga Júnior (2000), são correlatos a duas fases de pediplanização que ocorreram ao longo de toda costa brasileira, durante o Cenozóico (ANDRADE, 1995; BIGARELLA e ANDRADE, 1964).

Quadro 11 - Coluna estratigráfica da Bacia Costeira de São Luís

ERA/ PERÍODO		UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		LITOLOGIA	
CENOZÓICO	Quaternário	Pleistoceno	Formação Açuí	Areia fina a média madura a submadura, com estratificação cruzada. Argila arenosa, maciça bioturbada.	
	Terciário	Meso-Mioceno	Grupo Barreiras	Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas caulínicas.	
		Mioceno	Terciário Paleogeno	Areia fina a silte, com bolas de argilito, submadura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada.	
MESOZÓICO	Cretáceo	Superior	Formação Itapecuru	Membro Superior Alcântara	Calcilitos, silte e areia muito fina, com argila, texturalmente imaturo, micáceo, estratificação plano-paralela.
				Membro Inferior Psamítico	Arenito fino a médio, quartzo com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada.

Fonte: Rodrigues *et al.* (1994); Pereira (2006) com adaptações.

O contato entre o Membro Psamítico e Membro Superior Alcântara ocorre através de discordância angular entre a sequência arenosa e o pacote pelítico-carbonático. O Membro Psamítico repousa discordantemente sobre sedimentos do Mesozoico, Paleozoico e rochas do embasamento cristalino. As litologias que compõem a Formação Itapecuru foram afetadas por processos de laterização, tendo se desenvolvido um perfil pouco evoluído, com espessura de 3 a 4 m, caracterizando uma cobertura dentrítico/laterítica ou pode ser capeada por sedimentos fluviolacustres holocênicos das amplas planícies de inundação. A idade dos sedimentos psamíticos foi baseada em análises micropaleontológica e indicam como pertencente ao Albiano (COLARES e ARAUJO, 1990). A idade do Membro Alcântara, baseada em amostras de pólen dos folhelhos da Formação Alcântara (CUNHA, 1968 apud RODRIGUES *et al.*, 1994) foi atribuída ao Cretáceo Superior. A exposição dessa Formação é muito restrita. Geralmente, encontra-se nos paredões de falésias de Alcântara, com espessura de 20 m, onde se encontra sua seção-tipo. Em São Luís ocorre na falésia da Praia do

Boqueirão, ao lado do Porto de Itaqui e na praia de São Francisco (PEREIRA, 2006, p. 67).

O Terciário Paleogeno, por sua vez, é denominado por Rodrigues *et al.* (1994, p. 59) “como siltitos e argilitos de cores variegadas de tons róseo-avermelhados e esbranquiçados, contendo intercalações de arenitos finos e médios, predominando tons esbranquiçados e róseos”.

“O posicionamento cronoestratigráfico permite considerá-los no Paleogeno. Esses sedimentos repousam em discordância angular sobre o Membro Alcântara da Formação Itapecuru e são recobertos, discordantemente, pelos depósitos plio-pleistocênicos do Grupo Barreiras” (RODRIGUES *et al.*, 1994, p. 61).

No que tange ao Grupo Barreiras, os autores especializados no assunto afirmam que os sedimentos deste estão dispostos e assentados sobre a cobertura do Terciário Paleogeno, estando recobertos de forma discordante pelos depósitos de idade quaternária pleistocênica e holocênica, sendo caracterizado por sedimentos dispostos em camadas de cores variegadas, presença de siltitos e sedimentos areno-argilosos (BIGARELLA e ANDRADE, 1964; RODRIGUES *et al.*, 1994; VEIGA JÚNIOR, 2000; PEREIRA, 2006).

Já a Formação Açuí está relacionada aos sedimentos inconsolidados do Quaternário, que se depositam nas áreas mais baixas constituindo, por exemplo, os depósitos de origem fluvial e lacustre. Diversos autores afirmam que esta Formação é composta de sedimentos arenosos inconsolidados e argilosos relacionados a diversos tipos de depósitos superficiais ocorrentes na Ilha do Maranhão. Ela apresenta uma idade pleistocênica tardia e holocênica. (RODRIGUES *et al.*, 1994; ALMEIDA, 2000; VEIGA JÚNIOR, 2000; PEREIRA 2006.).

Apesar de apresentar-se nesta pesquisa os aspectos geológicos da Ilha do Maranhão, não está sendo apresentado um mapa com a espacialização dos aspectos geológicos do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, tendo em vista que a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2013) está elaborando uma nova classificação geológica e geomorfológica para o Estado do Maranhão.

Associada a ação climática e geológica, tem-se o desenvolvimento das unidades de relevo, que por sua vez, podem ser agrupadas conforme suas características morfogenéticas, levando em consideração os conceitos de morfoestrutura e morfoescultura desenvolvidos por Gerasimov e Mecerjakov (1968), dos níveis taxonômicos do relevo propostos por Ross (1992) e aplicado por Ross (1994, 1996 e 1997), Ross e Fierz (2005) e Silva (2012), que baseada nos

conceitos e propostas dos trabalhos supracitados elaborou o mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão na escala de 1:60.000.

Em conformidade com Schobbenhaus (1984) e Silva (2012), a Ilha do Maranhão está inserida na Unidade Morfoestrutural que é a Bacia Costeira de São Luís e na Unidade Morfoescultural que é o Golfão Maranhense, caracterizados no início deste capítulo. Na referida ilha, as formas de relevo predominantes são os tabuleiros com topos planos, colinas esparsas, as formas de vertentes, os apicuns, praias e dunas, paleodunas, terraços, planícies de maré e fluvial.

O alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, por estar situado na porção centro-leste da Ilha do Maranhão, possui como formas denudacionais o predomínio dos tabuleiros com topos planos – Dtp e as colinas esparsas – Dc, e como formas agradacionais as planícies fluviais - apf (Mapa 3, p. 120).

Por estar situada geologicamente em uma área de bacia sedimentar é comum à existência de tabuleiros nesta localidade, uma vez que essas morfologias são caracterizadas como “áreas de relevo plano, de origem sedimentar, de baixa altitude e com limite abrupto” (FLORENZANO, 2008, p. 13).

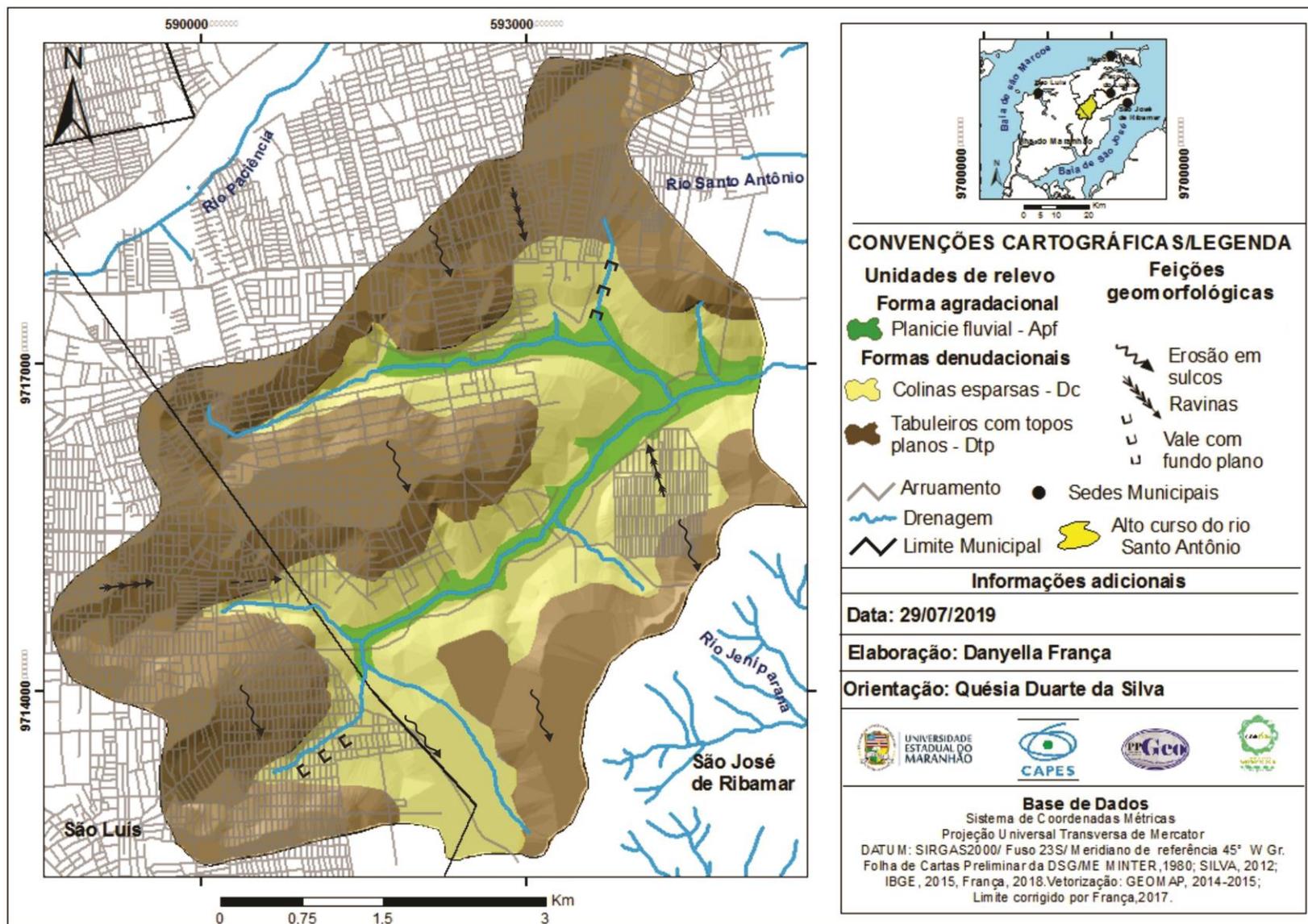
Os tabuleiros existentes na área de estudo não ultrapassam 70 metros de altitude e possuem seus limites de contato com as colinas esparsas, também denominadas de relevos subtabulares por Maranhão (1998). Esses tabuleiros estão em constante processo de ocupação em toda a Ilha do Maranhão e, sobretudo na área de estudo. Por se tratar de áreas de recargas de aquíferos, faz-se necessário o estudo constante dessas geoformas (Figura 23, p.121).

Pouco mais de 50% da área de estudo é composta por tabuleiros, e apenas aproximadamente 7% corresponde às planícies fluviais. Para o IBGE (2009, p. 32) estas morfologias são caracterizadas como “uma área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial”.

No alto curso existem planícies fluviais que ainda não foram ocupadas; estas estão predominantemente nas áreas pertencentes ao município de São José de Ribamar, em bairros em que a urbanização ainda não está consolidada.

Algumas delas são utilizadas para a pastagem, como é o caso do canal fluvial que passa entre os bairros da Mata em direção ao Jardim Tropical I. Tem-se um canal intermitente que durante o período seco não tem fluxo fluvial, apenas vegetação e sedimentos na calha do rio (Figura 24, p.121).

Mapa 3 – Unidades de relevo do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 23 - Tabuleiro na estrada da Mata, divisa entre os municípios de São Luís e São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 25.07.2018.

Figura 24 - Canal fluvial intermitente durante o período seco na estrada da Mata, São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 25.07.2018.

Durante o período chuvoso o fluxo fluvial é constante com a atividade de transporte e acumulação de sedimentos. Na Figura 25, p. 122 nota-se o processo de esculturação das margens do rio, onde a linha tracejada amarela aponta a margem esquerda do canal com

processo de erosão, margem côncava; e na margem direita têm-se a agradação dos sedimentos aluviais e materiais de origem humana, formando bancos arenosos ou de materiais úrbicos⁷¹.

Considerando que o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio está situado em área de divisa municipal, nota-se a diferenciação na alteração da paisagem e das morfologias decorrente das atividades políticas e econômicas envolvidas.

Figura 25 - Canal intermitente durante o período chuvoso com processos geomorfológicos de transporte, erosão e acumulação de sedimentos ativos



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 16.04.2019.

No município de São José de Ribamar existem áreas com intensa alteração na paisagem, sobretudo nas áreas de fluxo urbano concentrado, tais como as avenidas comerciais, a rodovia MA - 201⁷² e áreas de condomínios. Nessas localidades a paisagem foi muito alterada e os canais fluviais apresentam uma configuração diferenciada da situação natural.

No município de São Luís a alteração da paisagem é ainda mais acentuada, pois, por se tratar da capital do estado do Maranhão, os investimentos são mais direcionados para este município e a concentração populacional também colabora para a alteração das morfologias.

⁷¹ Materiais “úrbicos” (do inglês *urbic*): trata-se de detritos urbanos, materiais terrosos que contêm artefatos manufaturados pelo homem moderno, frequentemente em fragmentos, como tijolos, vidros, concreto, asfalto, prego, plástico, metais diversos, pedra britada, cinzas e outros, provenientes, por exemplo, de detritos de demolição de edifícios (PELOGGIA, 1998).

⁷² Rodovia estadual que liga o município de São José de Ribamar ao município de São Luís, passando pelo município de Paço do Lumiar. Esta rodovia também é popularmente conhecida como Estrada de Ribamar.

Na Cidade Olímpica, bairro pertencente ao município de São Luís, tem-se residências de baixo padrão construídas na planície fluvial, com presença de matérias úrbicos no leito menor do canal fluvial (Figura 26).

Figura 26 - Planície fluvial ocupada por residências de baixo padrão no bairro Cidade Olímpica, São Luís

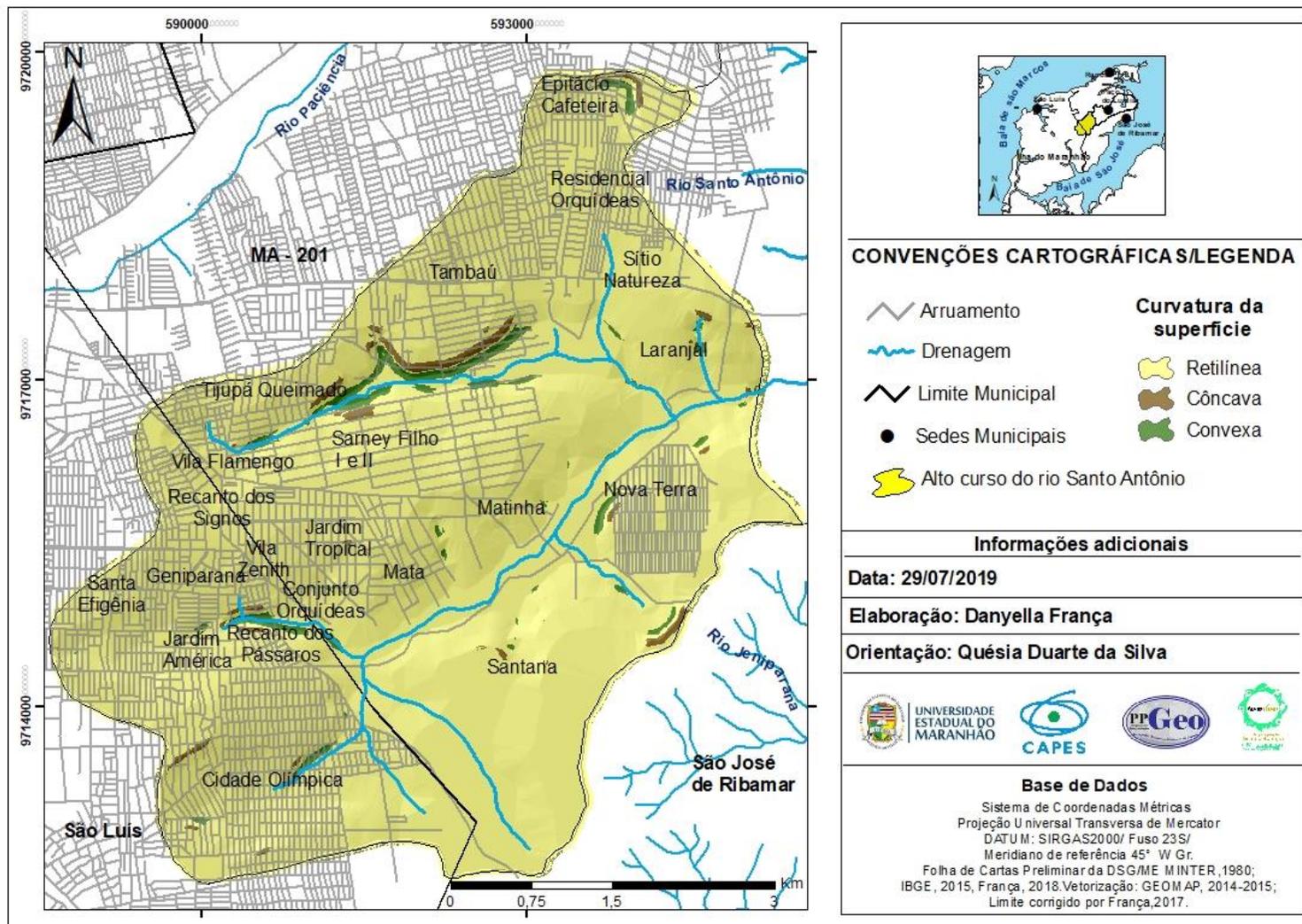


Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 15.09.2017.

No que se refere às colinas esparsas, estas feições são caracterizadas “por baixas elevações do terreno, com topos arredondados a quase planos, amplitudes entre 20m e 60m e declividades baixas” (FLORENZANO, 2008, p. 13). Na Ilha do Maranhão estas geoformas são denominadas por Pereira (2006, p. 99) como “porções do tabuleiro que sofreram dissecação no decorrer do tempo geológico e ainda preservam seu topo relativamente aplainado com encostas brandas a íngremes...”

No alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio estas geoformas situam-se entre 30 e 40 metros, predominando nesta feição, vertentes côncavas, convexas ou retilíneas (Mapa 4, p. 124).

Mapa 4 - Curvatura da superfície do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Florenzano classifica estas morfologias da seguinte maneira,

[...] são superfícies inclinadas que formam a conexão dinâmica entre a linha divisora de águas e o fundo do vale (talvegue). As vertentes são elementos básicos do relevo no estudo dos processos de erosão e acumulação, pois, com exceção das planícies e dos terraços, elas ocupam a maior parte da superfície da Terra (FLORENZANO, 2008, p. 16).

De acordo com Machado e Lima (2013), algumas combinações na morfologia do terreno podem apresentar-se como formas extremas para os fenômenos hidrológicos. As vertentes do tipo côncavas são acumuladoras de fluxo, porém quando a combinação é convergente-côncava têm-se um caso extremo de combinação do terreno, pois tornam o ambiente natural mais favorável a ocorrência de alagamentos e inundações.

De acordo com Santos e Santos (2014), vertentes convergentes e côncavas são caracterizadas por acumular fluxo hídrico, enquanto que as convexas e divergentes implicam na aceleração do fluxo em direção as partes mais baixas do relevo. As formas de terreno predominantes na área de estudo são as planares retilíneas ocupando 96% da área de total do alto curso (Figura 27).

Figura 27 - Vertente retilínea no bairro Cidade Olímpica, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 01.06.2018.

No ambiente urbano, as vertentes côncavas precisam de cuidado especial no que se refere à ocupação e impermeabilização destas. Na cidade, estas geoformas necessitam de alteração morfológica para a fixação de residências. Obras de engenharia como terraplanagem

e cortes são necessárias, porém a implantação de um eficiente sistema de drenagem também precisa ser realizada.

Uma vez que naturalmente estas morfologias são acumuladoras de fluxo, quando impermeabilizadas, a propriedade de acumulação é potencializada, devido à redução da capacidade de infiltração da água no solo e conseqüentemente maior escoamento superficial das águas.

As vertentes do tipo retilíneas são as geformas predominantes na área de estudo e contribuem de maneira significativa para a ocorrência de alagamentos. Este fato se dá porque a maioria dos compartimentos planos ou suave ondulados favoreceram a ocupação dos terrenos e o acúmulo de águas pluviais em determinados locais.

Quando as vertentes retilíneas são ocupadas e impermeabilizadas, assim como acontece com as vertentes côncavas, ocorre a diminuição da infiltração da água no solo e maior velocidade do escoamento superficial. Este fato associado à ineficácia ou inexistência do sistema de drenagem urbana culminam em problemas de alagamentos para a população residente.

No que tange aos solos da área de estudo, estes se encontram impermeabilizados e com alterações em sua estrutura com presença de materiais tecnogênicos. Durante a realização desta pesquisa não foi possível elaborar um estudo específico em relação aos solos da área em questão, apesar de compreender a importância do estudo dos solos no entendimento da morfodinâmica da paisagem.

Entendendo que as classes de solos que existem no banco de dados de Silva (2012) não correspondem mais com a realidade presente; que apresentar os dados existentes não irão caracterizar a área para o estudo atual e que o tempo de pesquisa não permitiu a elaboração de um esboço pedológico simplificado justifica-se a ausência de um mapa de solos ou esboço simplificado neste trabalho.

3.2 Aspectos Históricos do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Muito se tem discutido e produzido a respeito do processo de urbanização do município de São Luís, capital do estado do Maranhão. A Grande Ilha⁷³ é composta por quatro municípios, sendo eles: São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Sobre estes três últimos, poucos são os dados levantados quando comparados à capital ludovicense.

⁷³ Nomenclatura utilizada para a Ilha do Maranhão.

O processo de ocupação da bacia hidrográfica do Santo Antônio⁷⁴ está historicamente ligada ao município de Paço do Lumiar, o qual surgiu a partir de uma doação de terra para um padre jesuíta, em 1625, no sítio denominado Anindiba (MACEDO, 2011). Posteriormente foi elevado à categoria de vila em 1761 por meio de uma Carta Régia, recebendo a denominação de Paço do Lumiar, em razão de suas características naturais que lembravam uma localidade homônima existente em Portugal (FERREIRA, 2003).

Em 1931, a vila foi anexada ao município de São Luís e retornou a sua autonomia em 1959 quando obteve emancipação (MACEDO, 2012). Assim, o processo de ocupação desta bacia iniciou-se com a instalação de pequenos povoados como Mojó, Tinduba, Pindoba, todos no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

A ocupação do médio e baixo curso da referida bacia estagnou frente ao intenso processo de ocupação do município de São Luís e divisa municipal com São José de Ribamar. Com o processo de ocupação das bacias do Anil e Bacanga, novos espaços foram sendo procurados para a fixação de residências.

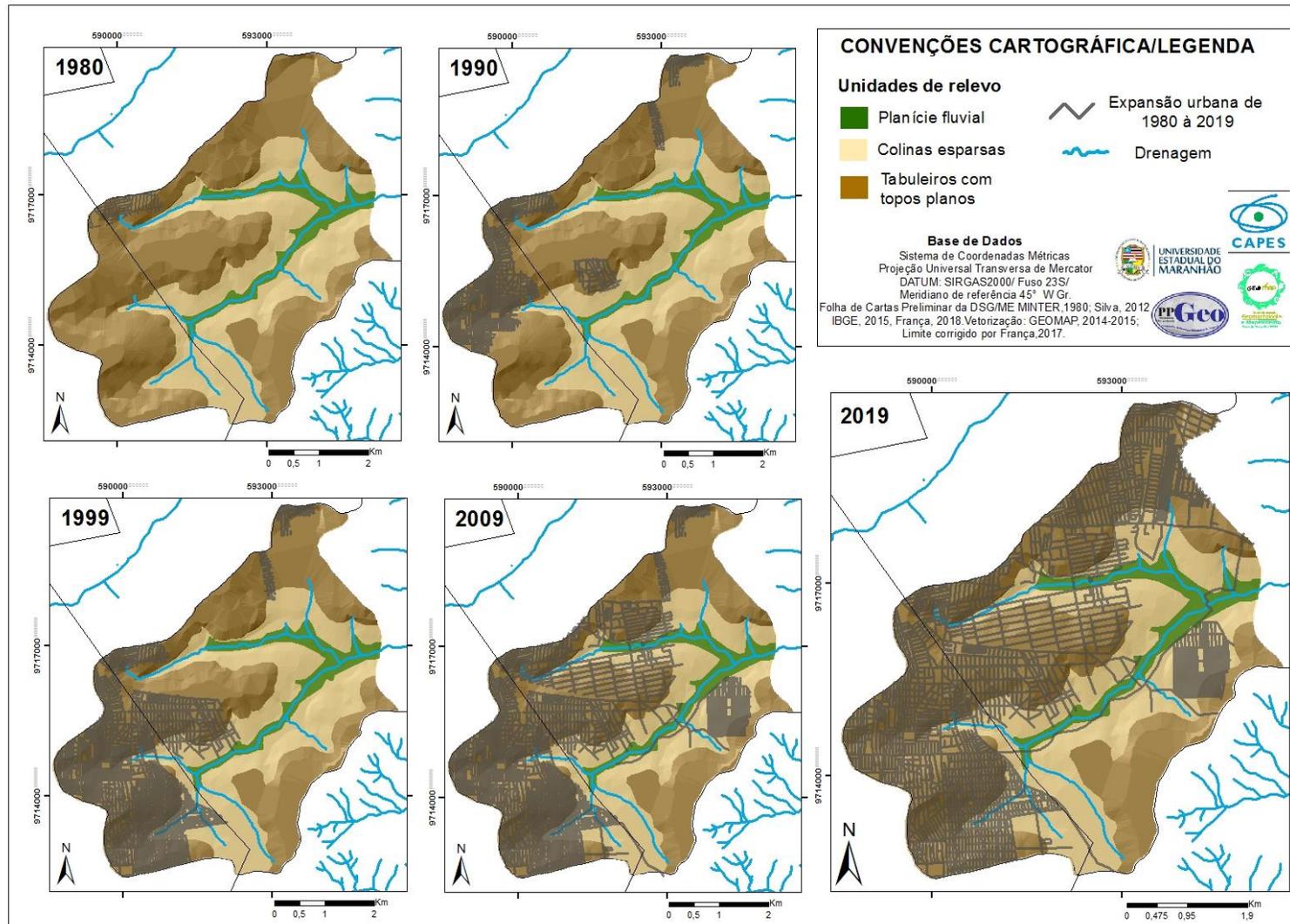
Enfatiza-se que de 1960 até 1970, com os incentivos da União através do Sistema Federal de Habitação e do Banco Nacional de Habitação - BNH, foi criada no ano de 1966 a Companhia de Habitação Popular do Maranhão (COHAB-MA), tendo como meta a oferta de unidades residenciais para a população com renda de um a três salários mínimos, e também possibilitar projetos habitacionais para dar cabo aos aglomerados sub-habitacionais ou recuperá-los. Surgiram assim, através da COHAB-MA, diversos conjuntos habitacionais na Ilha do Maranhão, tais como Anil I, II e III, Cidade Operária e Jardim América (FERREIRA, 2014), sendo estes dois últimos pertencentes à área de estudo.

Em 1970, pessoas migraram do interior do Estado para a capital gerando problemas relacionados a moradia e economia (SILVA, 2016). Assim, até o ano de 1976 o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio encontrava-se preservado, apesar de que alguns impactos que já haviam sido gerados decorrentes de queimadas oriundas de uma vila chamada Tijupá Queimado⁷⁵, a qual até esta data era a única vila consolidada no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio (Mapa 5, p. 128).

⁷⁴ Historicamente conhecida como bacia do Cururuca.

⁷⁵ Esta vila foi originalmente habitado por índios, onde os abrigos eram construídos de palha ou madeira em forma arredondada. Esses abrigos recebiam o nome de Tijupá. Algumas queimadas ocorreram na vila levando muitas famílias a morte, outras abandonaram seus abrigos que posteriormente foram ocupadas pela população provenientes do êxodo rural. Assim a vila foi denominada de Tijupá Queimado (MACEDO, 2012).

Mapa 5 - Expansão territorial urbana sobre o relevo no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Somente em 1986 observou-se um avanço da ocupação na área de estudo, oriundo da criação do Conjunto Habitacional da Cidade Operária, o qual surgiu para atender aos trabalhadores que podiam adquirir seus imóveis através de financiamentos, cujas condições de inscrição para aquisição da casa própria seriam ter até cinco salários mínimos e nenhum outro imóvel registrado no nome do inscrito (SILVA, 2016).

O referido conjunto surgiu em pleno regime militar sob a tutela do Banco Nacional de Habitação (BNH) que tinha o objetivo de legitimar o governo militar perante as camadas populares (BUNERTT, 2012). Assim, ocorreu um escoamento populacional no sentido centro-leste da Ilha do Maranhão, área do alto curso do Santo Antônio. Essa população via na criação deste novo conjunto habitacional a oportunidade de fugir dos altos aluguéis cobrados durante a década de 1980.

Segundo Silva (2016), para a construção do referido conjunto foram devastados 860 hectares de terras, provocando diversas alterações na paisagem da área de estudo, sobretudo entre os anos de 1981 e 1985. Em 1986, divulgou-se então a primeira lista de contemplados para as unidades habitacionais do conjunto da Cidade Operária, no entanto, no mesmo período cerca de 2.500 pessoas não contempladas no primeiro sorteio juntamente com populares sem moradia oriundos do êxodo rural dos anos 70 invadiram as unidades habitacionais e permaneceram durante 15 dias no local, o que resultou em um tumulto generalizado com a presença de 300 policiais e um mandado expedido pelo então secretário de Justiça e Segurança Pública, Coronel Silva Júnior, para que todos deixassem as residências.

O clima hostil gerou receio dos mutuários contemplados de tomarem posse da unidade habitacional, pois eram ameaçados pelos invasores. Esses conflitos ocorreram nos anos sob o governado de Luís Rocha (SILVA, 2016). Entre 1989 e 1990, os contratos das unidades habitacionais foram entregues aos mutuários pelos respectivos advogados, encerrando este capítulo do bairro recém-instalado. Muitas pessoas que invadiram o referido conjunto continuaram sem moradias e procuraram fixar residências nas adjacências, surgindo assim os bairros Geniparana e Cidade Olímpica, onde o primeiro foi primeiramente ocupado.

Em 1996 iniciou-se o processo de ocupação da Cidade Olímpica, recebendo este nome em homenagem aos Jogos Olímpicos de Atlanta que estavam em curso neste ano. Porém, o processo de luta pela terra foi intenso e doloroso para muitas pessoas neste período.

De acordo com Soares (2008), o movimento de ocupação foi gerado em torno de um então candidato a vereador do Partido de Frente Liberal - PFL⁷⁶, Luiz Inácio Cândido da

⁷⁶ Partido atualmente conhecido como Democratas.

Silva, popularmente conhecido como “Gordo”. Durante o período de acampamento nas terras a sudoeste do alto curso, o referido candidato cobrava uma taxa de dois reais para cadastrar os lotes de terras para os assentados.

Essa primeira ocupação foi desarticulada pela Polícia Militar do Estado, e uma liminar de reintegração de posse deu causa ganha para os proprietários das referidas terras. Um segundo movimento de ocupação foi articulado, agora sem a presença de Luiz Inácio Cândido da Silva, porém apoiados pelo Fórum Maranhense de Luta pela Moradia e organizados em torno de uma Comissão de Representantes que iriam lutar pela posse da terra.

De acordo com Soares (2008) o ambiente era de hostilidade e violência. Após a morte de um garoto conhecido como Jailson Sousa Viana a população sentiu-se motivada a continuar no processo de ocupação da terra⁷⁷.

De acordo com a autora supracitada, protestos com os restos mortais do garoto⁷⁸ foram realizados em avenidas de São Luís com a culminância em frente ao Palácio dos Leões, com o objetivo de chamar atenção para o problema da falta de moradia e, para sensibilizar a opinião pública da importância da causa dos sem-teto que há meses estavam reivindicando solução por parte do governo do Estado.

Em 1997, o recém-eleito prefeito de São Luís, Jackson Lago, apoiou a ocupação da Cidade Olímpica através de assistência médica e medicamentos para os sem-teto (SOARES, 2008). Neste mesmo período, grandes manifestações foram organizadas em todo o país pelo Movimento Sem Terra – MST, o que de acordo com a autora supramencionada foi um condicionante para o fortalecimento da questão, bem como o apoio adquirido junto ao Partido dos Trabalhadores - PT.

Para os moradores da área em questão, o apoio político foi fundamental para a luta pela terra, mas no dia 22 de janeiro de 1997 foi concedida a reintegração de posse a favor dos proprietários. Os ocupantes, por sua vez, não deixaram a área, o que levou o governo do Estado a fazer um acordo. Segundo o acordo os ocupantes deveriam residir em um hectare até que a questão fosse solucionada.

Neste interim foram realizados cadastros em uma escola chamada Léo Franklin na Cidade Operária para os moradores que permaneceram na área. Pressionado pelos moradores e

⁷⁷ De acordo com populares Jailson Sousa Viana foi assassinado por “jagunços” (funcionários) dos proprietários das terras no dia 25 de dezembro de 1996 após ter atravessado a cerca que fazia a divisa entre os ocupantes e as terras “privadas”. Segundo relatos Jailson atravessou o limite para tomar banho em um rio no bairro Santana.

⁷⁸ De acordo com Soares (2008) a mãe de Jailson autorizou a manifestação com os restos mortais do filho.

pelo contexto de luta pela terra em todo o país, o Estado⁷⁹ comprou 227 hectares da área em questão e concedeu aos ocupantes para o estabelecimento do bairro.

O bairro foi estruturado e pensado pelos moradores, possuindo aspecto diferenciado das demais áreas de ocupação espontânea no alto curso do Santo Antônio. Existem três avenidas largas de mão dupla na localidade, uma sendo denominada de Jailson Sousa Viana em homenagem ao garoto que foi assassinado no período da primeira ocupação.

A segunda Avenida chama-se 29 de dezembro em comemoração ao dia de fundação do bairro e a terceira conhecida como Avenida dos Agricultores em homenagem ao modo de subsistência da população ocupante.

Em 1998 após a resolução das questões na Cidade Olímpica e a estabilização na Cidade Operária, novos investimentos habitacionais foram realizados e com as ações da COHAB-MA foi construída a chamada Vila América, hoje conhecida como Jardim América.

De acordo com relatos do presidente da associação de moradores do referido bairro, após a construção dos loteamentos muitos moradores estavam em débito, e a chegada do Programa Bairro Legal⁸⁰ proporcionou a eles não somente o pagamento da dívida, mas também a pavimentação asfáltica das vias, coleta de resíduos sólidos e outros serviços. Porém, de acordo com o morador, o serviço de drenagem urbana chegou no bairro apenas em 2012 e ainda com problemas.

Devido ao crescimento e desenvolvimento no setor de prestação de serviços no bairro da Cidade e Operária e Jardim América e a exemplo da ocupação bem sucedida da Cidade Olímpica, ocorreu um processo de expansão na região limítrofe a estes bairros e novas áreas de ocupação espontânea foram surgindo tais como: Recanto dos Pássaros, Recanto dos Signos, Santa Efigênia, Santa Clara, Conjunto Orquídeas, Vila Zenith, Jardim Topical I, II e III, Mata, Matinha e entre outros, sendo que estes cinco últimos estão inseridos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Na porção norte da área de estudo tem-se a Vila Flamengo, Sarney Filho I e II, Jardim Lima, ao sul o bairro Santana, a leste Laranjal, todos oriundos de ocupação espontânea. O conjunto Tambaú e Residencial Orquídeas II são resultado de loteamentos.

⁷⁹ Neste período governado por Rosana Sarney.

⁸⁰ Programa Bairro Legal é uma ação de política pública visando a melhoria das condições de extrema exclusão socioeconômica e de violência vividas pelos bairros de periferia. O objetivo geral do projeto é realizar um trabalho de melhoramento da infraestrutura urbana comunitária existente nos bairros, frente aos eixos temáticos estruturadores da expansão urbana como saúde, educação, segurança, cultura e lazer, serviços de limpeza urbana, água, iluminação pública, abertura e empiçarramento de ruas, recuperação de ruas danificadas, poda de árvores, construção e revitalização de praças fazem parte do pacote de serviços do Programa.

Em 2009 foram construídos os residenciais Nova Terra e Novo Horizonte, os quais são conjuntos habitacionais do Programa de Habitação do Governo Federal Minha Casa, Minha Vida – MCMV.

Apesar do bairro Cidade Operária não estar inserido na área de estudo, necessitou-se discorrer sobre a criação deste, uma vez que ele foi fundamental para o desenvolvimento de outros bairros na área de estudo.

No alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio existem aproximadamente 27 bairros, sendo estes: Geniparana, Jardim América, Recanto dos Pássaros, Recanto dos Signos, Santa Efigênia, Vila Zenith, Conjunto Orquídeas, Cidade Olímpica, Santana, Mata, Matinha, Nova Terra, Laranjal, Sítio Natureza, Residencial Orquídeas II, Tambaú, Epitácio Cafeteira, Tijupá Queimado, Vila São Luís I e II, Sarney Filho I e II, Jardim Lima, Vila Flamengo e Jardim Tropical I, II e III.

Destes 27, apenas os residenciais Nova Terra, Sítio Natureza, Orquídeas II, Tambaú, Cidade Olímpica e Jardim América surgiram através de um processo de loteamento ou de legalização das terras. As demais 19 localidades são fruto de ocupação espontânea e por esta razão não se tem registros e dados relacionados à data de fundação, primeiros moradores, anos de existência e outras informações que seriam relevantes para esta pesquisa.

Devido a mais de 50% da área de estudo estar relacionada à ocupação espontânea, muitas moradias e terrenos não possuem documentação; a situação histórica de ocupação dessas localidades apresenta a necessidade de intervenção pública, quanto ao saneamento básico e planejamento urbano, porém em grande parte destes bairros, tais serviços são inexistentes.

Essa situação contribui significativamente para a vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

*CAPÍTULO 4 -
MOFODINÂMICA DA
PAISAGEM E
VULNERABILIDADE
AMBIENTAL A
ALAGAMENTOS NO ALTO
CURSO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO
SANTO ANTÔNIO, ILHA
DO MARANHÃO*

Sob a perspectiva da geomorfologia urbana, a ocorrência dos eventos hidrológicos desastrosos está diretamente relacionada a alteração da paisagem pelo ser humano, pois a função e os processos ambientais são modificados, meios morfodinamicamente estáveis passam ser fortemente instáveis devido as pressões humanas exercidas sobre ele.

Assim, a compreensão das ações antrópicas no ambiente é considerada fundamental para as análises de vulnerabilidade ambiental aos mais diversos fenômenos, uma vez que as alterações geradas representam o fator social materializado no ambiente.

No caso dos alagamentos, estes eventos acontecem e atingem a população, que se apropriou de determinados compartimentos geomorfológicos ou está em mobilidade no local, por inexistência de infraestrutura básica urbana ou ineficiência do sistema de drenagem urbana, não estando diretamente relacionados ao canal fluvial, pois não são fenômenos que fazem parte da dinâmica dos rios.

Partindo disto, neste capítulo serão apresentados os resultados diretos desta pesquisa iniciando com a caracterização da geomorfologia urbana, levando em consideração as alterações da paisagem e a morfodinâmica resultante. Essas alterações estão diretamente relacionadas à população residente na área de estudo, bem como ao perfil socioeconômico desta, pois as alterações da paisagem refletem o grupo social que a transforma.

Por fim será apresentado o mapeamento relacionado à vulnerabilidade ambiental a alagamentos na área de estudo, levando em consideração toda a discussão apresentada até aqui.

4.1 Geomorfologia Urbana e a Morfodinâmica Resultante no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio

De acordo com as pesquisas bibliográficas realizadas, até meados dos anos de 1970 o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresentava-se sem intervenções antrópicas significativas. Os solos, a drenagem, a vegetação e as morfologias permaneciam praticamente inalteradas.

As unidades de relevo como tabuleiros com topos planos, colinas esparsas e planícies fluviais permaneciam naturalizadas, sem poluição das águas e limites marginais preservados. Os solos que se desenvolveram na área de estudo correspondiam, de acordo com Silva (2012) aos Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Quartzarênicos e Gleissolos.

Os Argissolos estavam associados às áreas de tabuleiros com topos planos, os quais possuem altitude entre 40 e 60 metros (Mapa 6, p. 136), e uma declividade inferior a 2% (Mapa 7, p. 137).

Nas áreas de colinas esparsas também encontravam-se os Argissolos, porém em menor representação areal, sendo os Neossolos Quartzarênicos os solos predominantes nesta unidade geomorfológica. Estas morfologias, assim como as vertentes, chegam a atingir altitudes variantes entre 30 e 39 metros, com declividades entre 2 e 12%. No bairro Tambaú registra-se a maior declividade da área de estudo - 14%, tratando-se de uma localidade com predomínio de vertente mista.

Os Gleissolos, por sua vez, estavam associados às planícies fluviais, morfologias que possuem na área altitudes variantes entre 20 e 29 metros com declividades inferiores a 2%. A área é relativamente plana, com presença predominante de vertentes planares retilíneas, ocupando 96% da área de estudo.

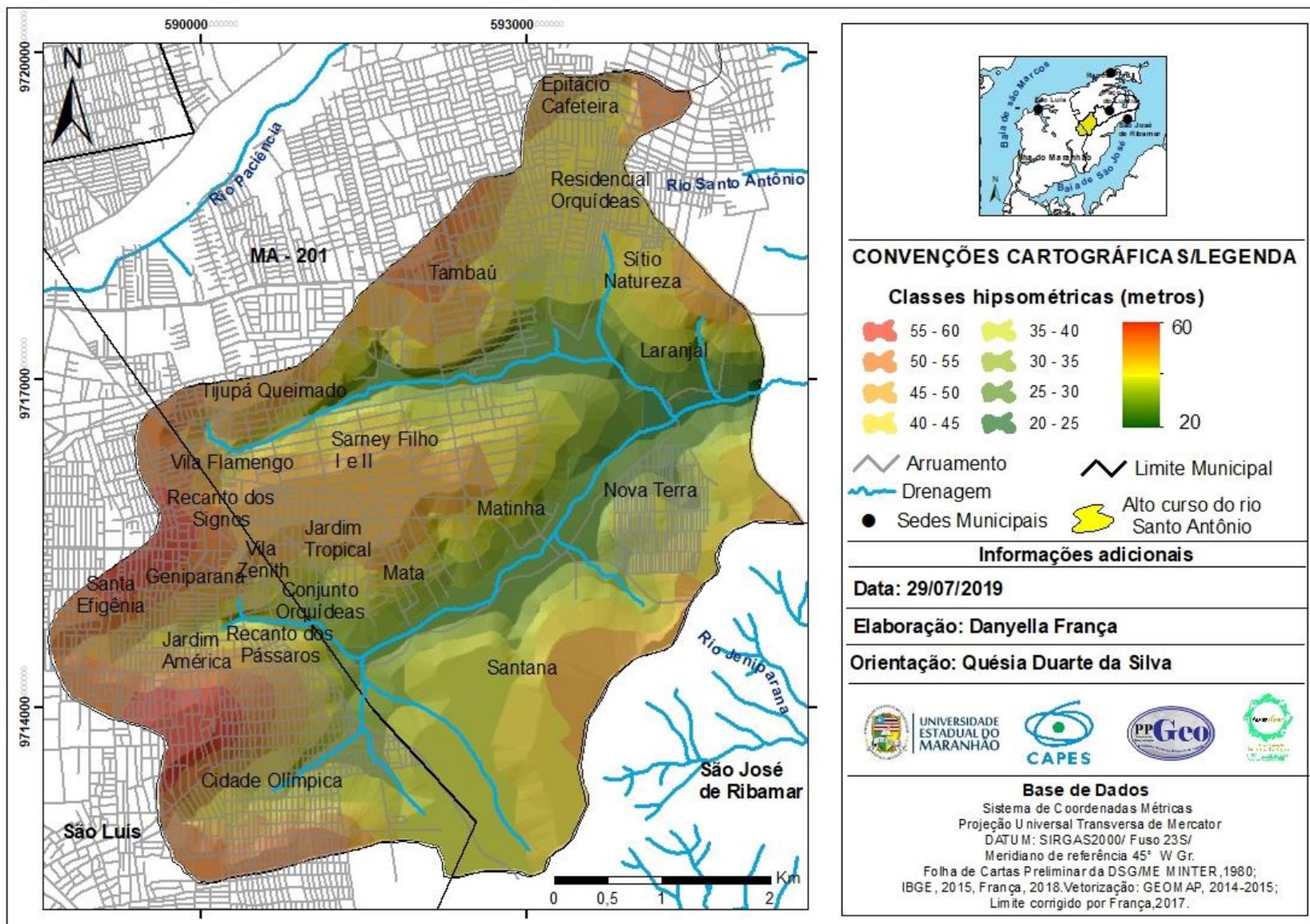
Até meados dos anos de 1970 pode-se considerar que no alto curso existia um meio morfodinâmico estável, sendo considerado como biostásico. Os processos morfodinâmicos seguiam seu curso natural levando em consideração as características geoambientais específicas.

No início dos anos 1980 a morfodinâmica da área começou a ser alterada. A ocupação do alto curso foi iniciada na porção norte, mais especificamente no divisor de águas com a bacia hidrográfica do Paciência, no tabuleiro central de São Luís, onde apenas o bairro Tijupá Queimado estava já instalado no referido ano, o que provocou pequenas alterações na morfodinâmica da paisagem; porém as interferências não eram consideradas significativas quando comparadas com todo o alto curso.

Com o aumento do contingente populacional em São Luís, os agentes produtores do espaço urbano passaram a modelar outros compartimentos geomorfológicos para além da capital, o que interferiu nos processos de esculturação da paisagem.

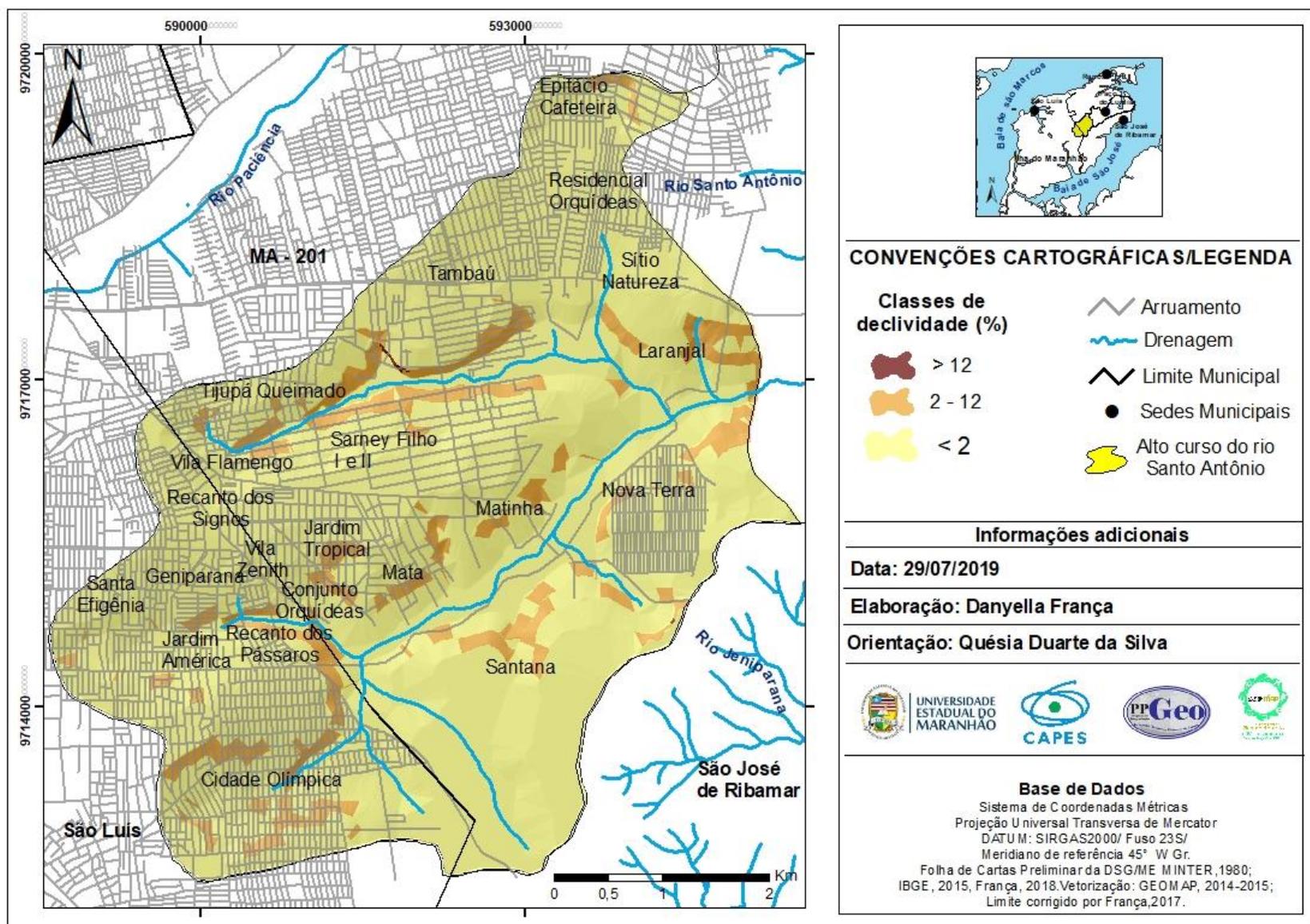
Em um meio morfodinâmico estável, o tempo que *ecoa* é o principal responsável pela esculturação da paisagem, porém no ambiente urbano, no tempo que *faz*, os agentes produtores do espaço assumem este papel, transformando o relevo e alterando a paisagem conforme a necessidade da população ocupante.

Mapa 6 - Hipsometria do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 7 - Clinografia do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Com a instalação do Conjunto Habitacional da Cidade Operária em 1986, o alto curso passou de um meio morfodinâmico estável, para intergrade, tendo em vista que foi iniciado um processo de urbanização, o qual gerou alterações no ambiente, porém, os limites naturais marginais ainda estavam preservados e não havia alteração brusca da paisagem, no sentido de impermeabilização geral das morfologias e retirada da vegetação generalizada.

Somente em 1996, após dez anos da construção do Conjunto Habitacional da Cidade Operária e com a luta pela terra na Cidade Olímpica, mudanças significativas começaram a ocorrer na área de estudo. Com a expansão dos serviços oferecidos no bairro Cidade Operária, este se tornou um centro de relações comerciais e muitas ocupações surgiram no entorno deste.

A população começou a se organizar primeiramente nos tabuleiros e nas colinas esparsas, áreas relativamente planas, sem declividades acentuadas e que estavam vegetadas, apresentando assim condições favoráveis para a invasão⁸¹.

Grande parte da população invasora era oriunda do êxodo rural ocorrente nos anos de 1970 na capital maranhense, juntamente com as pessoas não contempladas nos loteamentos da Cidade Operária e Jardim América. Nas áreas em que os agentes produtores do espaço urbano estavam trabalhando ativamente ocorreu sumariamente a impermeabilização dos solos, o que correspondia a 30% da área total do alto curso impermeabilizada.

As áreas que foram povoadas pelo processo de ocupação espontânea não apresentavam infraestrutura urbana, sendo apenas a instalação dos habitantes na localidade o fator responsável pela alteração da paisagem.

Apesar disto, as atividades realizadas pela população alteraram as relações morfodinâmicas da paisagem. A cobertura vegetal que foi retirada das vertentes deixou o solo exposto à incidência dos raios solares, a ação dos ventos e aos eventos pluviométricos.

Defende-se aqui que a retirada da cobertura vegetal associada a outros fatores também pode ter consequência direta na infiltração. Caseti (1991) apontou que o solo exposto associado à velocidade dos ventos pode favorecer o aumento do fluxo por terra – escoamento ou componente paralelo – e consequente redução da infiltração.

Outro problema relacionado à retirada da cobertura vegetal está relacionada à ação da água da chuva sobre o solo desnudo que gera o efeito *splash*, o qual pode desencadear processos erosivos lineares tais como ravinas, sulcos e voçorocas.

⁸¹ Termo popularmente utilizada para a ocupação ilegal de terras.

Os sedimentos provenientes dos processos erosivos e materiais úrbicos oriundos da ocupação populacional em geral são transportados dos tabuleiros e vertentes para os fundos de vale, sendo depositados e acumulados nessas morfologias.

Apesar das alterações realizadas pela população na área em questão, durante o processo de instalação das residências, modificações mais intensas eram previstas. Os habitantes sentiam a necessidade de investimentos por parte do poder público, como os serviços urbanos básicos de pavimentação, canalização, coleta de resíduos sólidos e outras atividades.

Até os anos 2000, aproximadamente 70% da área de estudo possuía áreas permeáveis, sendo a porção correspondente ao município de São Luís a parte mais alterada do alto curso do Santo Antônio (Mapa 8, p. 140).

Com o passar dos anos e da insistência da população por melhorias, o governo e os demais agentes produtores do espaço urbano começaram a intervir nas localidades com a inserção de serviços básicos, como pavimentação asfáltica e coleta de resíduos sólidos.

Assim, o alto curso passou de um meio morfodinâmico *intergrade*, para fortemente instável, uma vez que as atividades antrópicas alteraram a paisagem e aceleraram os processos na área.

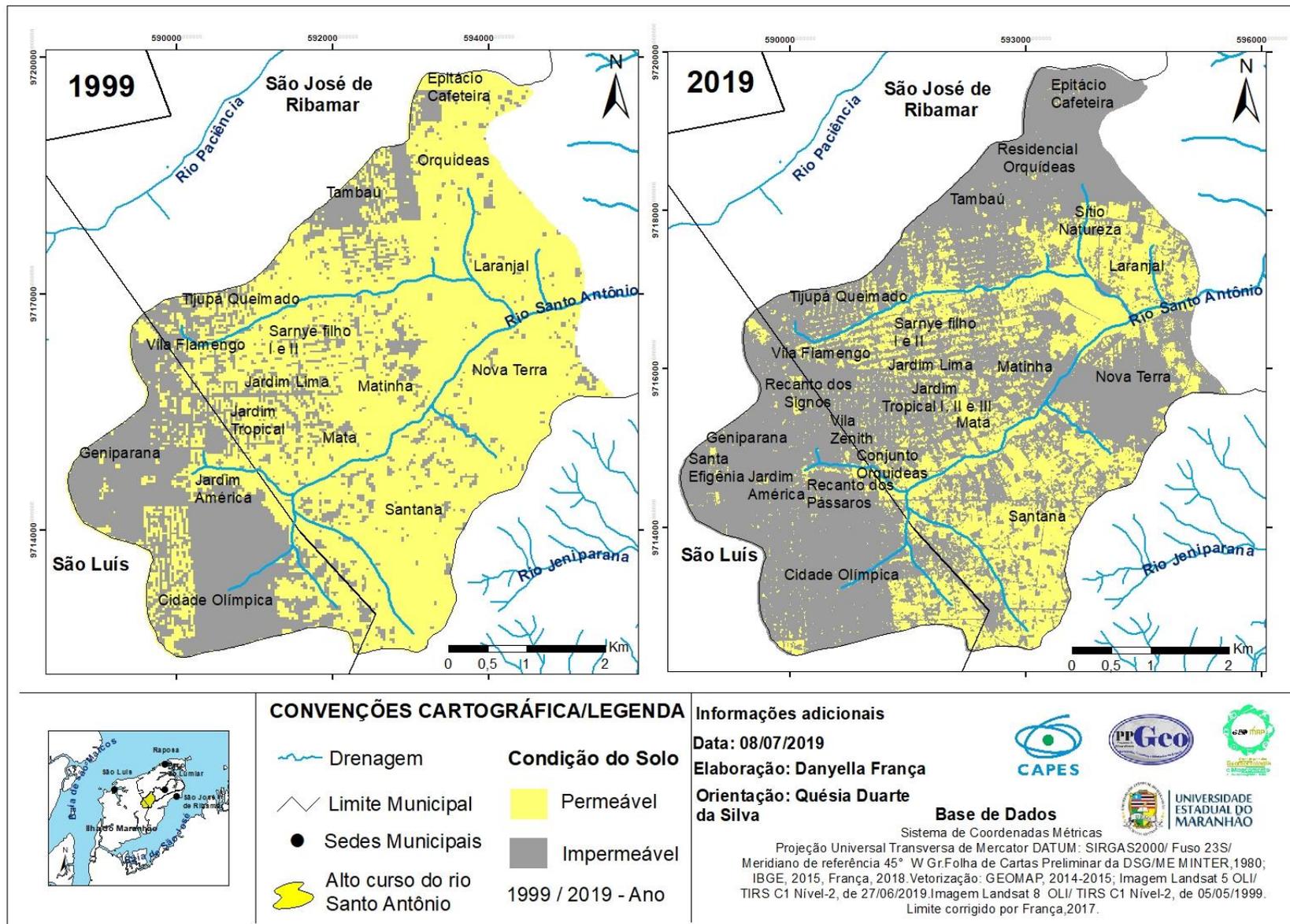
Atualmente a área de estudo possui 25% de áreas permeáveis, o que é considerado um valor relativamente alto quando comparado com outras bacias hidrográficas urbanas da Ilha do Maranhão.

Em sua maioria, os tabuleiros foram impermeabilizados, o que se tornou um agravante em relação a recarga de aquíferos, pois trata-se do tabuleiro central da Ilha do Maranhão (Figura 28, p.141).

Algumas áreas de colinas ainda apresentam pequenas porções que não estão impermeabilizadas, com presença de solo exposto (Figura 29, p.141), o que no mapeamento foi especializado como área permeável.

Porém o processo de infiltração da água no solo nessas áreas também foi comprometido com as alterações morfodinâmicas ocorrentes. Além dos fatores naturais apontados por Casseti (1991) que dificultam a infiltração em área de solo exposto, tem-se também o fato de que os solos passaram por um processo de alteração intensa dos anos 2000 em diante.

Mapa 8 - Comparativo da impermeabilização do solo nos anos 1999 e 2019 no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 28 - Porção do tabuleiro central impermeabilizado no bairro do Jardim América, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Figura 29 - Solo exposto no bairro do Jardim Tropical I, São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Além das atividades antrópicas que a população local imprimiu sobre os solos, os governantes com o intuito de amenizar a falácia dos habitantes quanto à ausência de infraestrutura e serviços públicos em diversos bairros, em anos eleitorais ordenavam a pavimentação das vias, porém, o recurso não era suficiente para a pavimentação asfáltica e as

empresas realizavam apenas a terraplenagem com lateritas, ação esta diversas vezes realizada pelo agente produtor do espaço urbano supracitado.

Assim, obras relacionadas à infraestrutura urbana, nos bairros que surgiram através de ocupação espontânea, eram realizadas apenas em anos eleitorais, porém muitas delas não foram terminadas.

Apesar do processo inicial do alto curso ser caracterizado pela ocupação espontânea, sem ação direta dos agentes produtores do espaço urbano no primeiro momento, atualmente estas áreas são caracterizadas como bairros e estão enquadradas como área urbanizada conforme o IBGE (2006).

De acordo com o mapeamento realizado para esta pesquisa, aproximadamente 66% da área de estudo é caracterizada como urbanizada com construções consolidadas e áreas comerciais diversas (Figura 30).

Figura 30 - Área urbana com uso comercial no bairro Sarney Filho I, São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 20.03.2019.

Em 1999, cerca de 70% da área de estudo era recoberta por vegetação arbórea-arbustiva, sobretudo na porção pertencente ao município de São José de Ribamar, pois as questões relacionadas a infraestrutura demoraram para ser instaladas, levando em consideração o processo de urbanização de São Luís.

Atualmente, apenas 24% da área de estudo apresenta algum tipo de vegetação, à qual é classificada pelo IBGE (2006) como vegetação secundária mista. Nesta estão inseridas

as espécies de gramíneas e vegetação arbóreo-arbustiva que não estavam originalmente nesta localidade.

Encontra-se vegetação secundária arbóreo-arbustiva no seguimento do canal principal que passa pelos bairros Mata, Matinha e Laranjal, sobretudo no segmento que está compreendido por este último bairro (Figura 31).

Figura 31 - Planície fluvial sem ocupação no bairro Laranjal, com presença de gramíneas e vegetação arbóreo-arbustiva no bairro Laranjal, São José de Ribamar



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 25.07.2018.

O bairro Laranjal apresenta características semiurbanas, com predominância de chácaras, sítios, possui pavimentação asfáltica apenas na via principal, apesar da via estar comprometida pela baixa qualidade do asfalto.

Diferentemente dos bairros Mata e Matinha, que já possuem infraestrutura urbana básica e um padrão residencial diferenciado, o bairro Laranjal apresenta características particulares, apresentando-se semelhante aos municípios do interior do Estado. No entanto, na área de estudo estas características são particulares a este bairro e ao bairro Santana, podendo ser observado uma dinâmica social diferenciada nas demais localidades do alto curso.

Com a expansão da malha territorial urbana, impermeabilização dos solos e crescente processo de urbanização, as planícies e nascentes foram ocupadas e/ou aterradas, porém estas morfologias devem ser preservadas, uma vez que nelas ocorrem processos geomorfológicos fundamentais para o ambiente.

Nas planícies fluviais ocorrem os fenômenos de inundação, os quais variam conforme o volume precipitado, a largura do canal e a vazão deste. Por esta razão, dimensões diferenciadas são adotadas para as APPs levando em consideração a largura específica dos canais fluviais.

De acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro (2012), existem dois casos em que a Área de Preservação Permanente deve atingir 50 metros obrigatoriamente, sendo estes: as nascentes e os cursos d'água que possuem largura superior a 10 metros e inferior a 50 metros.

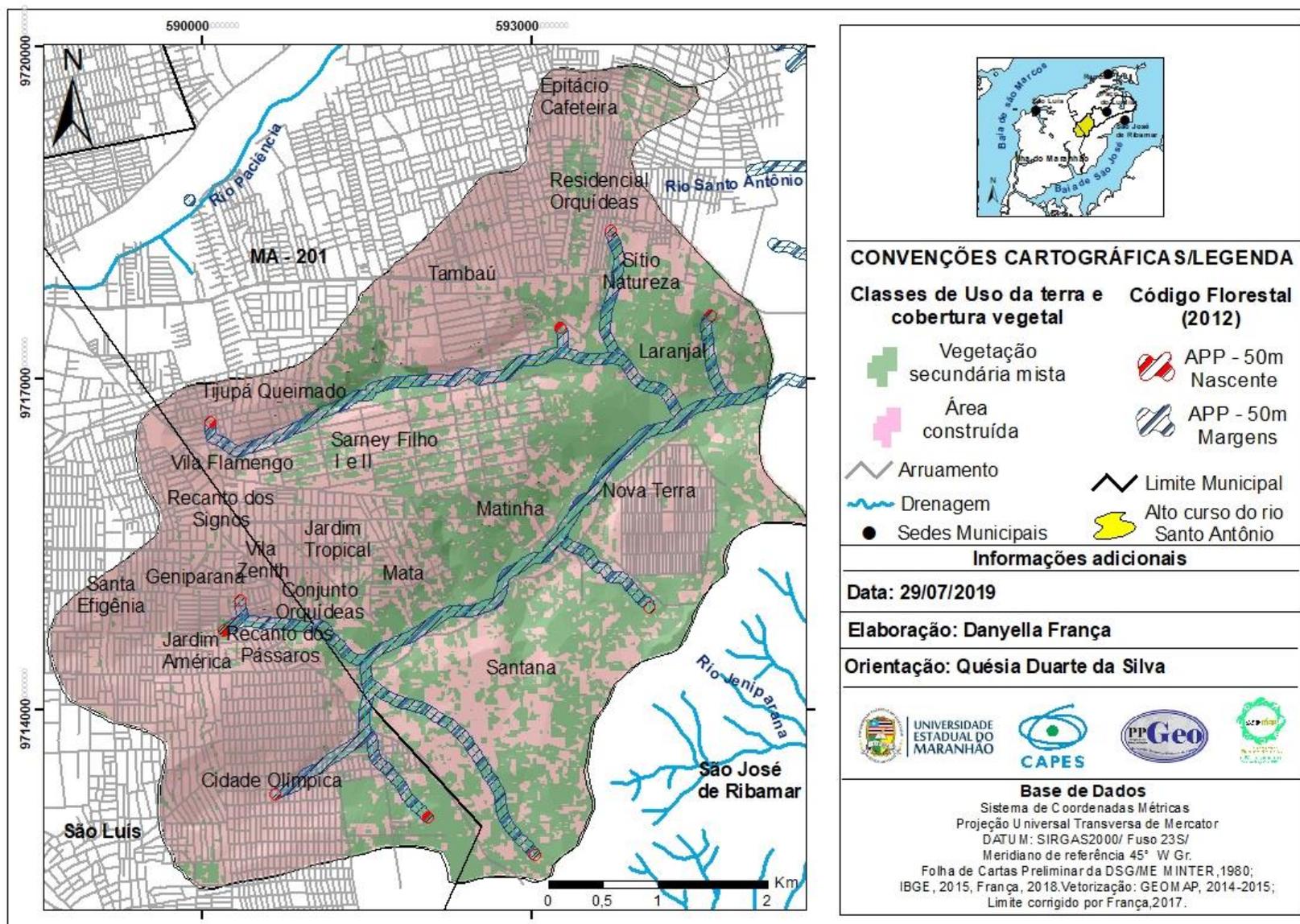
Devido à alteração da paisagem no alto curso do rio Santo Antônio, sobretudo na porção pertencente ao município de São Luís, os cursos d'água possuem atualmente largura inferior a 10 metros. O canal principal apresenta-se com largura superior a 10 metros à medida que vai passando para o município de São José de Ribamar, onde a paisagem está alterada mas muitas áreas marginais encontram-se relativamente preservadas.

Analisando as imagens do Google *Earth*® de anos anteriores ao processo de ocupação da Cidade Olímpica associado aos relatos de moradores, concluiu-se que os cursos fluviais possuíam mais de 10 metros de largura na porção pertencente ao município de São Luís, mas foram reduzidos em virtude das alterações realizadas na paisagem.

Por esta razão, especializou-se a categoria Áreas de Preservação Permanente com 50 metros para os cursos d'água e para as nascentes, além da área urbana e de vegetação secundária mista, conforme está disposto no Mapa 9 na p. 145.

O mapa 9 apresenta um conflito de uso na área em questão, pois nas APPs encontram-se construções diversas, com padrões residenciais distintos, dependendo da localidade. O alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio possui 29,15 km², dos quais apenas 2,15 km² deveriam estar preservados, um valor relativamente pequeno para a localidade, inferior a 10% da área da bacia (Tabela 9, p.146), porém, apesar de pequeno, este percentual não está preservado.

Mapa 9 - Uso e cobertura da terra do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Tabela 9 - Quantificação das áreas de APP que deveriam estar preservadas no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Áreas de Proteção Permanente (BRASIL, 2012)			Quantificação	
Classes	Subclasse	Caracterização	Área (Km ²)	Área (%)
APP	Nascentes	Buffer de 50 m	0,12	0,41
APP	Cursos d'água	Buffer de 50m	2,63	9,05
TOTAL			2,75	9,46

Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Dos 0,12 km² de APP das nascentes apenas 0,02 km² ainda possui vegetação secundária mista e encontram-se relativamente preservado; os 0,10 km² restantes estão ocupadas pela urbanização, principalmente por residências ou áreas comerciais. Nas margens dos cursos d'água, 2,63 km² são caracterizados como APPs, no entanto, apenas 0,70 km² estão preservados com vegetação secundária mista presente. A área restante está ocupada por usos urbanos diversos (Tabela 10).

Tabela 10 - Quantificação das áreas de conflitos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

Uso e cobertura da Terra (IBGE, 2006)			Quantificação		CONFLITOS – APP (BRASIL, 2012)	
Classes	Subclasse	Caracterização	Área (Km ²)	Área (%)	Área (Km ²)	
					Nascentes	Cursos d'água
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas	Cidades, vilas, edificações, sistemas viário, outros.	18,57	63,70	0,10	1,93
Áreas de vegetação natural	Floresta	Vegetação secundária com e sem vegetação arbustiva	10,58	36,30	0,02	0,70
TOTAL			29,15	100	2,75	

Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Dentre os usos presentes no alto curso, têm-se áreas de urbanização consolidada, locais destinados para a pastagem, áreas de ocupação espontânea e localidades com depósitos tecnogênicos (Mapa 10, p. 148).

No ponto 1 destacado no mapa 10, p. 148, têm-se uma área de urbanização consolidada no bairro Jardim América. A rua representada na imagem corresponde a uma quadra do referido bairro com padrão residencial, encontrando-se impermeabilizada com concreto. Anteriormente ao loteamento deste espaço, um canal de primeira ordem passava na localidade e atualmente este se encontra fechado; passou um processo de tubulação e os dejetos líquidos do bairro são depositados nele.

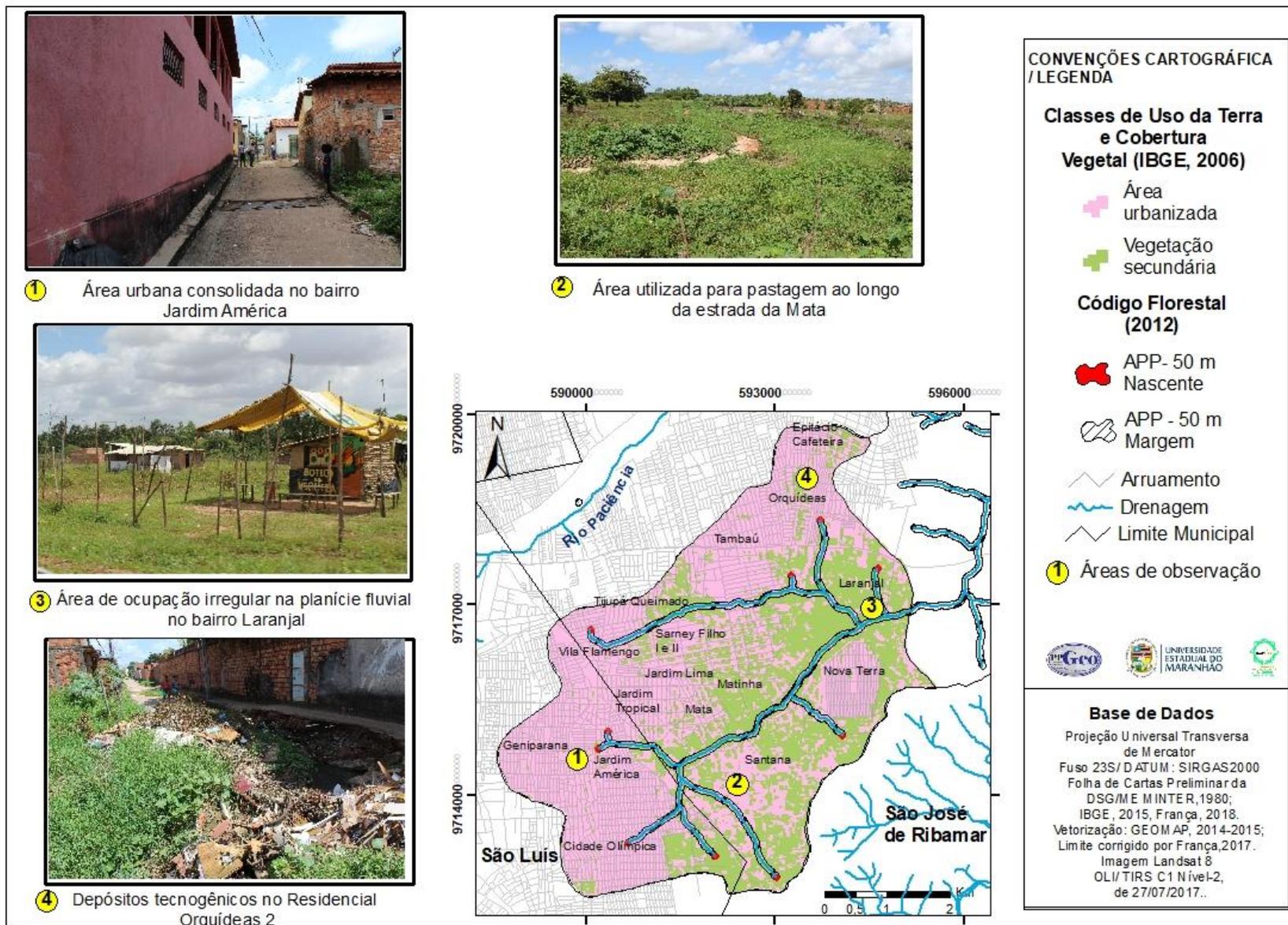
A morfodinâmica foi alterada passando de estável para fortemente instável. Em anos anteriores à década de 1980, parte da precipitação que se concentrava na área, escoava para o canal de primeira ordem e parte infiltrava no solo, tendo em vista que havia vegetação na localidade. Os fenômenos de enchente e inundação aconteciam, porque fazem parte da dinâmica natural dos rios, porém não eram considerados eventos desastrosos, pois não afetavam pessoas.

Com a alteração da paisagem, as camadas impermeabilizadas não permitem a infiltração da água, que não alimenta o aquífero e não abastece o canal de primeira ordem e a nascente. O canal fluvial, por sua vez, perde sua configuração morfológica natural sendo tubulado, e servindo como lançamento de esgoto. Assim, as precipitações concentram-se na área, demoram a escoar gerando alagamentos em várias ruas do bairro.

No ponto 2 observa-se uma área utilizada para pastagem no bairro Mata, também conhecido popularmente como Mata Grande. Trata-se de um canal de primeira ordem que nasce no bairro Santana, o qual possui características semiurbanas, semelhantes ao bairro Laranjal; o referido canal é intermitente e encontra-se bastante assoreado, em virtude dos sedimentos transportados durante o período chuvoso e do processo inicial de ocupação espontânea na margem esquerda.

No ponto 3 tem-se uma área de ocupação espontânea na planície fluvial que está inserida no bairro Laranjal. Essa ocupação foi iniciada em meados de 2017 e as atividades realizadas na localidade pelos ocupantes têm promovido alterações diversas na área. A cobertura vegetal foi retirada, ficando apenas as gramíneas em algumas localidades, além da utilização do fogo para “limpar” o ambiente, segundo os ocupantes.

Mapa 10 - Pontos de observação da paisagem no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

De acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro (2012), esta área deveria estar preservada, pois trata-se de uma APP. A ausência de fiscalização e a negligência no cumprimento das leis, sobretudo de cunho ambiental, tem contribuído para os diversos problemas ambientais-urbanos em todo o Brasil.

Esta localidade está inserida nos 1,93 km² que representam conflito de uso nas áreas marginais do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio como está demonstrado na Tabela 10, p.146.

No ponto 4 tem-se depósitos tecnogênicos no Residencial Orquídeas 2, onde um canal de primeira ordem foi aterrado para a instalação do residencial. Além de ser uma área com dificuldades diversas relacionadas aos alagamentos ocorrentes, a população deposita materiais úrbicos nas erosões.

Estes depósitos são marcados por sua grande variedade, possuem diversidade de composição, de espessura e de feições, e de forma geral são marcados por conter artefatos diversos, segundo Ter-Stepanian (1988).

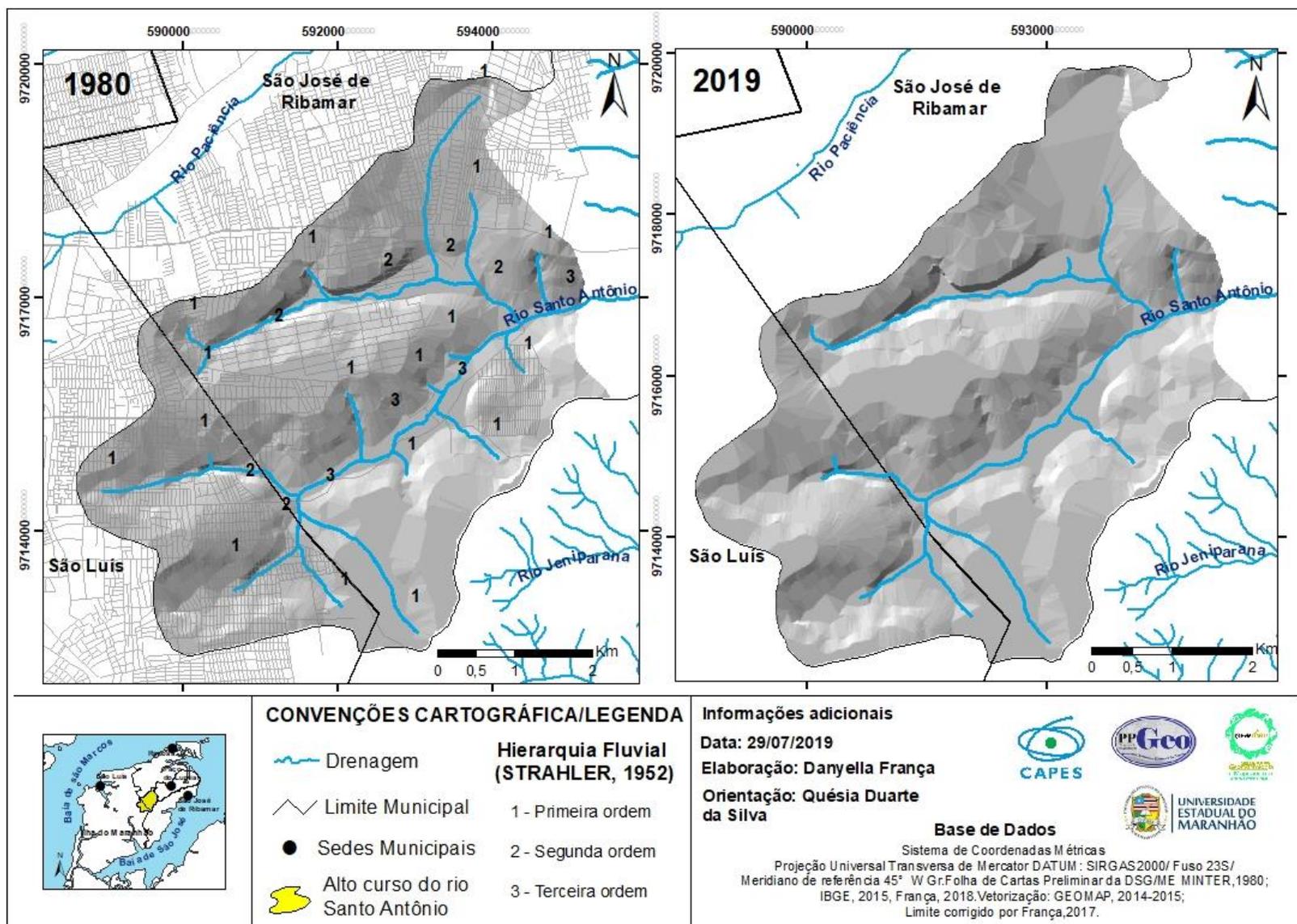
De acordo com Peloggia (1998), no ambiente urbano, a busca pela população da apropriação máxima dos precários espaços disponíveis (lotes, espaços em favelas, áreas de preservação) leva à modificação da geometria das encostas, das áreas aplainadas e das morfologias fluviais, através de técnicas precárias. Assim, a paisagem vai sendo alterada, bem como a morfodinâmica das mesmas, e a formação de depósitos tecnogênicos torna-se constante, os quais funcionam como a materialização da atividade antrópica no ambiente.

Na porção do alto curso pertencente ao município de São Luís, as alterações realizadas na paisagem desconfiguraram muitos canais fluviais, devido à forma de ocupação. Nos bairros Jardim América e Geniparana muitas pessoas desconhecem o fato de que existia um canal fluvial aberto naquela localidade e que foi fechado durante o processo de urbanização.

Em 1980, a drenagem do alto curso era caracterizada pela existência de 17 segmentos fluviais de primeira ordem e seis de segunda ordem, sendo uma drenagem de terceira ordem na hierarquia fluvial, segundo Strahler (1952). Atualmente existem apenas 10 segmentos de primeira ordem e quatro de segunda ordem, os quais estão reduzidos em sua extensão e poluídos (Mapa 11, p. 150).

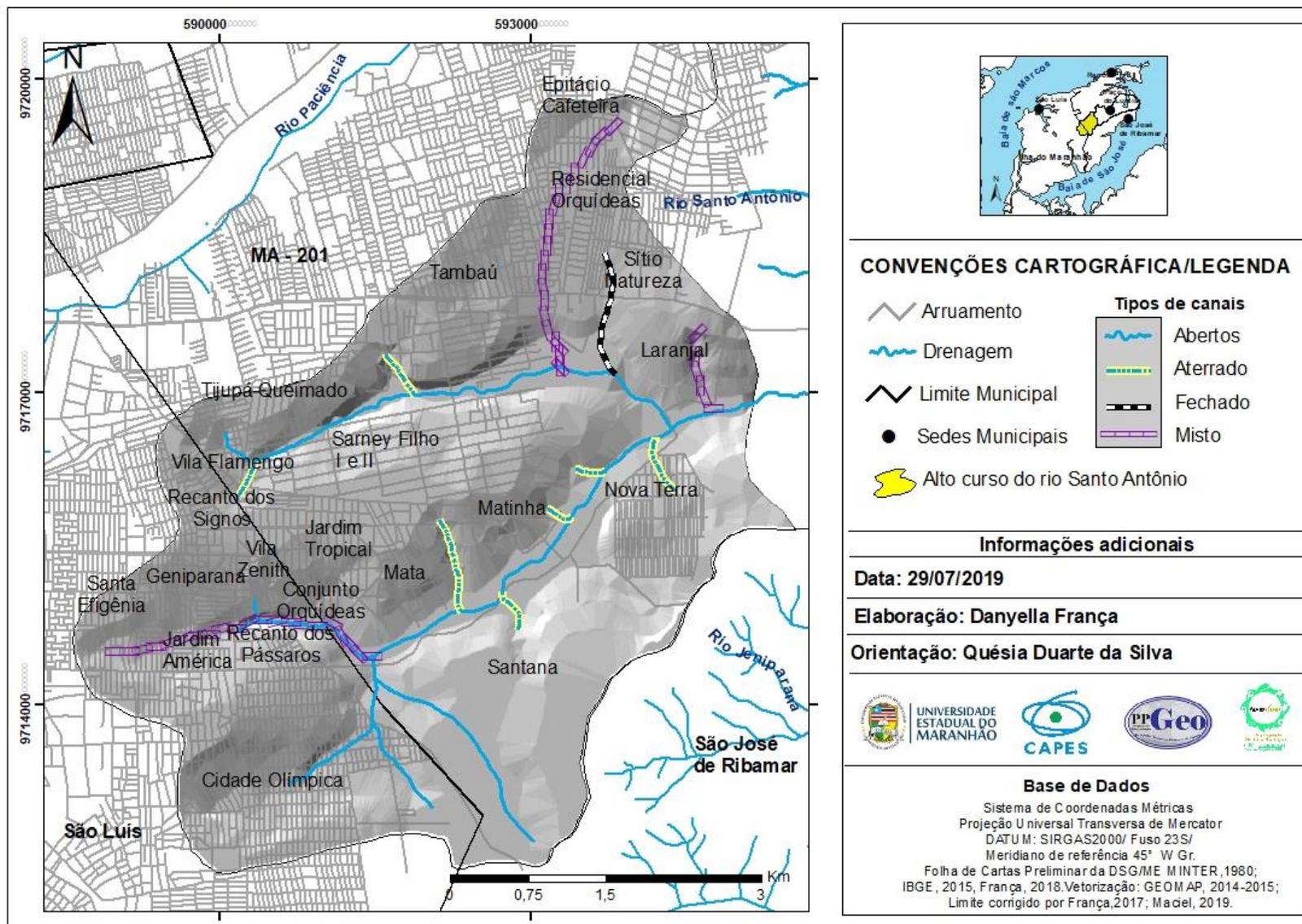
Essas modificações na drenagem da área são oriundas do processo de produção do espaço urbano, por meio de técnicas utilizadas pelos produtores do mesmo. Assim, dos 17 segmentos existentes de primeira ordem em 1980, atualmente sete estão aterrados, e três são caracterizados como canais mistos (Mapa 12, p. 151), que podem apresentar combinações

Mapa 11 - Comparativo da hierarquia fluvial entre os anos de 1980 e 2019 no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 12 - Classificação atual dos canais fluviais no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

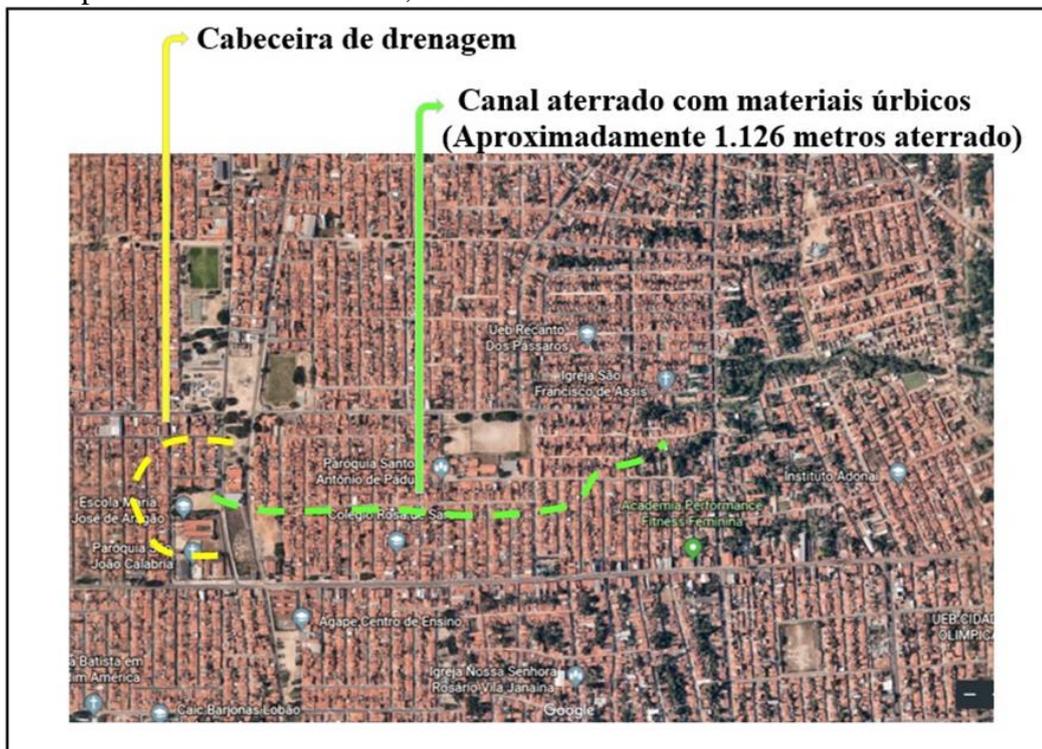


Fonte: Própria pesquisa, 2019.

referentes a canais aberto/fechado, aberto/aterrado e fechado/aterrado, conforme a classificação de Oliveira *et. al.*(2004).

O canal de primeira ordem que tinha sua nascente no bairro Geniparana e se estendia até o Jardim América, atualmente é classificado como misto, pois aproximadamente 1.126 metros de sua extensão foram aterrados, incluindo a cabeceira de drenagem (Figura 32).

Figura 32 - Representação da cabeceira de drenagem e canal fluvial que foram aterrados nos bairros Geniparana e Jardim América, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Google Earth - 2019.

As cabeceiras de drenagens “são bacias ou vales não canalizados, possuindo conformação topográfica côncava em planta, correspondendo aos primeiros formadores da rede de drenagem, podendo constituir o prolongamento direto da nascente dos canais fluviais de 1ª ordem” (GUERRA, 2001, p. 97).

A curva tracejada em amarelo na figura 32 representa a localização da cabeceira de drenagem; a linha em verde representa a parte do canal que foi aterrado. A cabeceira de drenagem e o canal fluvial passaram por um processo de transformação de origem antrópica. Estas formas de relevo foram esculpidas pelos agentes produtores do espaço urbano para a instalação dos bairros supracitados. Atualmente, a Escola Maria José Aragão está instalada sobre a cabeceira de drenagem (Figura 33, p. 153).

Figura 33 - Escola Maria José Aragão instalada na cabeceira de drenagem no Jardim América, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Na divisa entre os bairros Jardim Tropical I, Vila São Luís e Vila Flamengo foi construído um supermercado, o qual faz parte de uma rede comercial muito expressiva em todo Maranhão, e, sobretudo na Ilha.

Este empreendimento, juntamente com o Hospital Municipal de Urgência e Emergência Clementino Moura – Socorrão II foram construídos sobre a cabeceira de drenagem aterrando o canal fluvial (Figura 34, p. 154), que no mapa de classificação de canais se refere ao canal de primeira ordem aterrado na Vila Flamengo.

Na porção leste da imagem, têm-se condomínios do Programa do Governo Federal Minha Casa, Minha Vida. Para a instalação destes, a morfologia das vertentes foi alterada. O canal de primeira ordem foi aterrado com materiais úrbicos e toda a dinâmica do escoamento pluvial foi modificada.

Durante as intervenções urbanas, os agentes produtores do espaço não respeitaram as morfologias dos compartimentos geomorfológicos e assim promoveram a desconfiguração de umas e a esculturação de outras. Com as obras de terraplenagem para a implantação do Condomínio São José I e II, e do supermercado, a direção do escoamento foi direcionada para o bairro Vila Flamengo; assim, grande parte das águas pluviais escoam em direção a este bairro, promovendo alagamentos.

Figura 34 - Representação da cabeceira de drenagem, onde atualmente está instalado um supermercado na divisa entre os três bairros



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Google Earth - 2019.

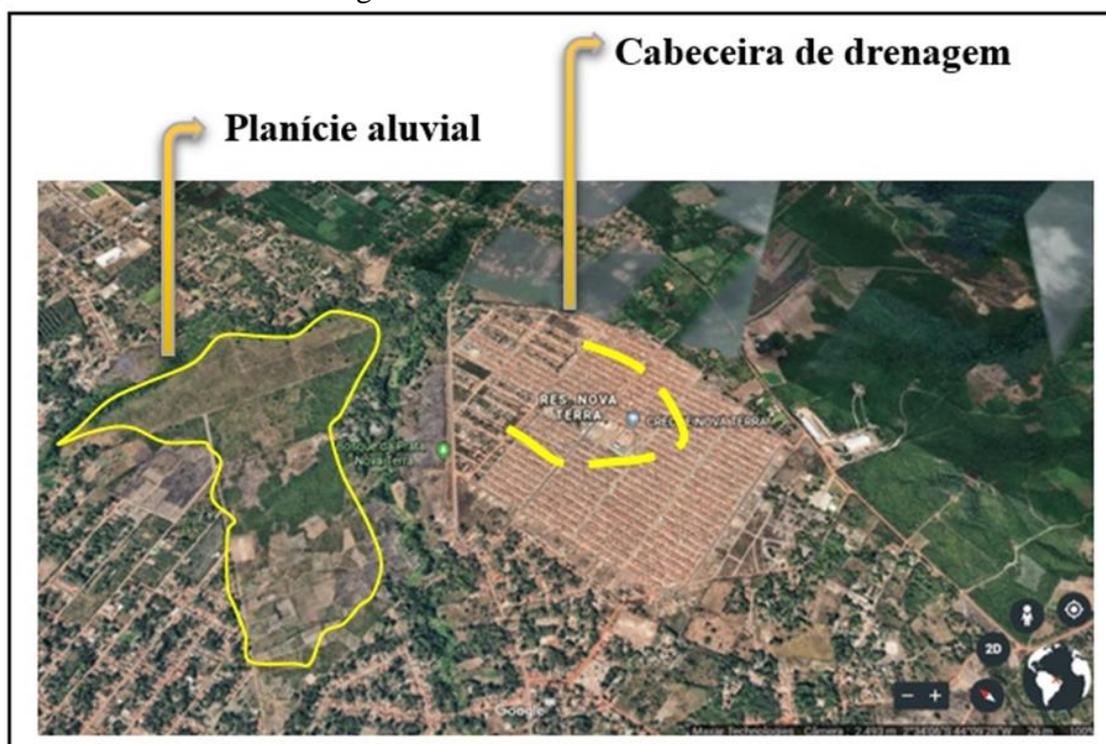
De maneira semelhante, em 2009 foram iniciadas as construções do Residencial Nova Terra, também planejado pelo programa governamental anteriormente citado. Para a instalação deste residencial, um canal de primeira ordem também foi aterrado com materiais úrbicos, bem como a cabeceira de drenagem (Figura 35, p. 155). Existem diversos problemas relacionados aos alagamentos no residencial em questão. Primeiramente, pela intervenção antrópica realizada na morfologia e também relacionada à falta de infraestrutura.

Nota-se, na figura 35, p. 155, a planície aluvial do curso principal do rio Santo Antônio na margem esquerda, porém esta também tem sido modificada lentamente pelas atividades da comunidade do Laranjal. Por sua vez, em frente ao residencial Nova Terra, tem-se a planície da margem direita, a qual está sendo loteada e o empreendimento residencial é chamado Bosque da Prata (Figura 36, p. 155).

Em meados de 2018, parte desta planície foi ocupada por “invasores”⁸², os quais em sua maioria, fazem da apropriação ilegal das terras um negócio. Os mesmos ocupam as terras, fixam residência no local e após alguns anos de aparente estabilidade, vendem os terrenos fazendo desta ação ilegal uma fonte de renda.

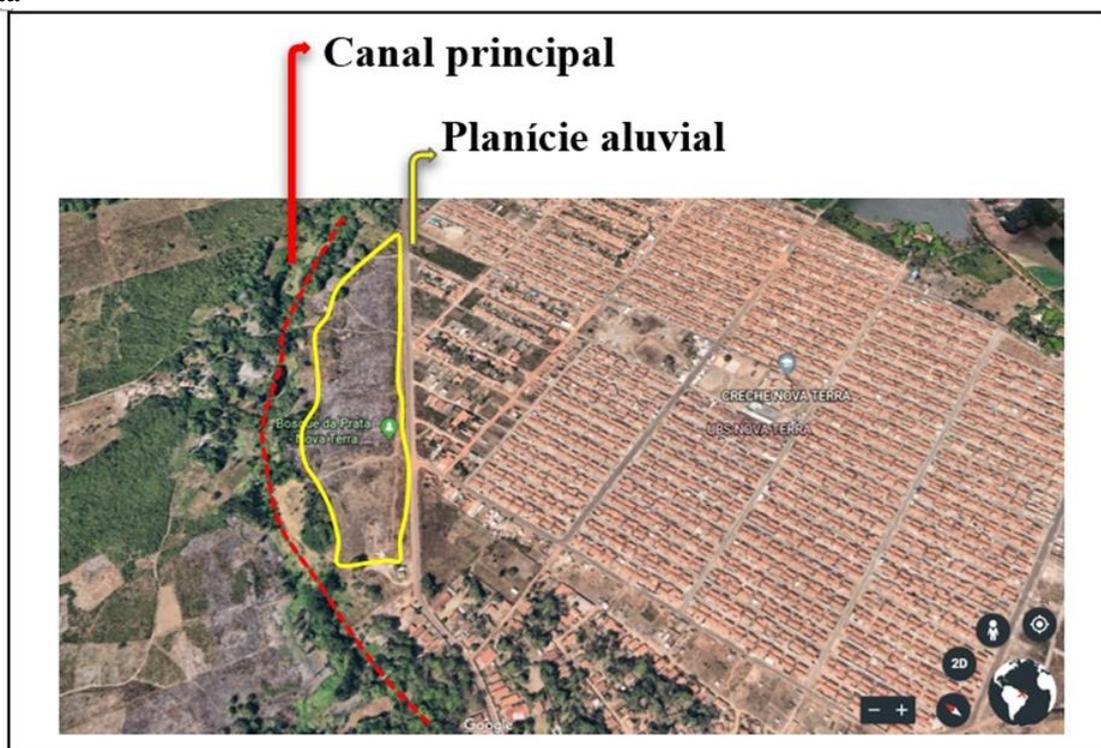
⁸² Através das entrevistas realizadas com a população identificou-se que grande parte das pessoas que eram denominadas de invasoras, possuíam casas em outros bairros de São Luís e São José de Ribamar.

Figura 35 - Cabeceira de drenagem e canal aterrado com materiais úrbicos



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Google Earth - 2019.

Figura 36 - Planície aluvial onde será realizada a implantação do empreendimento Bosque da Prata



Fonte: Própria pesquisa. Google Earth - 2019.

Não deveria haver ocupação humana nesta localidade, por se tratar de uma APP. Em dezembro de 2018 a Polícia Militar do Estado do Maranhão realizou uma ação de remoção dos invasores da planície aluvial. Todas as casas de alvenaria que já estavam construídas foram derrubadas, bem como todas as outras formas temporárias de habitação⁸³.

No entanto, a mesma planície começou a ser loteada por agentes produtores do espaço urbano com a finalidade de instalar o empreendimento já mencionado. A área passou pelo processo de terraplenagem e atualmente estão sendo utilizadas as técnicas para impermeabilizar as vias com o piso intertravado de concreto⁸⁴ (Figura 37), o qual é mais adequado para as áreas urbanas, uma vez que este tipo de revestimento é ideal para áreas externas que vão passar por intenso tráfego de pedestres ou veículos, além de possibilitar a infiltração da água e consequente diminuição do escoamento superficial.

Figura 37 - Revestimento com piso intertravado na área de instalação do empreendimento Bosque da Prata na planície aluvial



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

A busca por espaços altera a morfodinâmica da paisagem e o modo de produção acentua ainda mais o processo de especulação imobiliária em toda a Ilha do Maranhão. Na Figura 38 a mesma área foi registrada em datas diferentes com os dois tipos de uso que ocorreram no ano de 2018.

⁸³ Residências feitas com argila ou palha, apenas para marcar o espaço pertencente a cada invasor.

⁸⁴ Também conhecido como bloquete cestavado.

Figura 38 - Comparação das duas formas de ocupação que ocorreram na planície aluvial em 2018: A – Área de ocupação espontânea; B – Início da instalação do empreendimento Bosque da Prata



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 01.06.2018 e 06.09.2019.

Na imagem A, tem-se a via e as residências construídas pelos invasores com presença de gramíneas, enquanto que na imagem B tem-se a mesma localidade com alterações bem mais significativas, pois estão associadas às técnicas de engenharia. Ao fundo das imagens observa-se a presença de vegetação arbóreo-arbustiva, a qual está relacionada ao canal fluvial principal da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Faz-se necessário destacar que a utilização da técnica promove alterações mais profundas e significativas na paisagem e conseqüentemente em sua morfodinâmica. Enquanto a população residente da ocupação espontânea utilizou o fogo para limpar o local, deixando ainda quantidades expressivas de gramíneas e solo exposto, os agentes produtores do espaço urbano realizaram a terraplenagem, retirando totalmente a cobertura vegetal da área de interesse e implantando o revestimento de concreto, além da inserção de alguns componentes do sistema de drenagem urbana, como os poços de inspeção (Figura 39, p. 158).

No que tange aos alagamentos, o uso de revestimentos de piso intertravado de concreto funcionam com mais eficácia para a redução do escoamento superficial e aumento da infiltração, uma vez que os blocos ou bloquetes são assentados sob uma camada de areia ou pó de pedra, próximos um ao outro de maneira que se encaixem perfeitamente. Na área em questão, os blocos estão sendo assentados sobre a areia resultante do processo de terraplenagem.

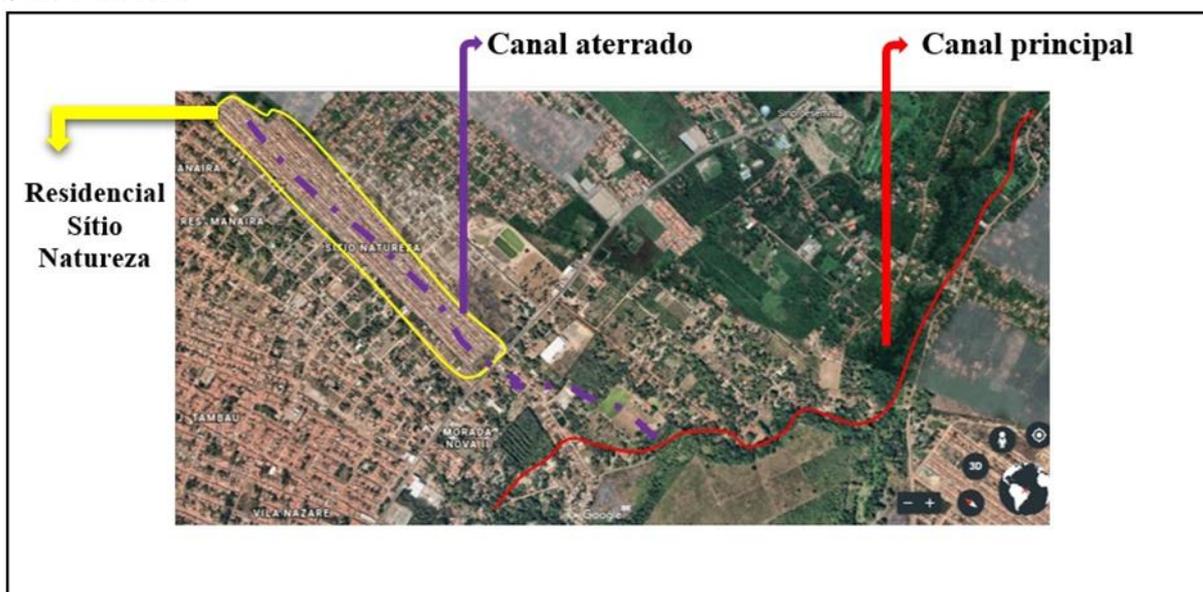
Outro residencial planejado a partir do programa governamental MCMV está situado na porção nordeste do alto curso, nas proximidades dos bairros Epitácio Cafeteira, Residencial Orquídeas 2 e Tambaú. Trata-se do residencial Sítio Natureza (Figura 40, p. 158).

Figura 39 - Poço de inspeção instalado no loteamento Bosque da Prata



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Figura 40 - Alterações nos compartimentos geomorfológicos para instalação do Residencial Sítio Natureza



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Google Earth - 2019.

Este condomínio de casas foi construído sob um canal de primeira ordem, onde os produtores do espaço urbano aterraram 1.818 metros com materiais úrbicos, sendo este canal classificado atualmente como misto, pois encontra-se fechado na região que passa pela MA-201 até desaguar no canal principal.

De acordo com a concepção dos agentes produtores do espaço urbano e da expansão urbana, as áreas planas são ideais para se edificar, por esta razão cortam-se as vertentes e aterram-se os canais fluviais e as cabeceiras de drenagem.

O alto curso apresenta morfologias planas a suavemente onduladas, com declividades inferiores a 12%, onde predominam os declives inferiores a 6%, sendo uma área caracteristicamente plana.

Apesar disto, muitas alterações foram realizadas na paisagem da área de estudo, devido a apropriação dos compartimentos geomorfológicos, sendo o ser humano o agente exógeno responsável por todas estas alterações no tempo que *faz*.

De acordo com Pedro (2008), o ser humano é o agente exógeno mais rápido e dinâmico já conhecido. Ele é capaz de modificar o ambiente em que vive em um tempo que *faz* de maneira extremamente acelerada. O que levaria anos para ser alterado pelo tempo morfogenético, o ser humano pode realizar em dias, no tempo morfodinâmico.

Oliveira (1990) salienta que vive-se um período em que a atividade humana é qualitativamente diferenciada da atividade biológica, na modelagem da Biosfera, desencadeando assim, processos considerados tecnogênicos, os quais superam, e muito, os processos naturais em intensidade.

Essas alterações tão aceleradas e dinâmicas provocaram mudanças bruscas na morfodinâmica da paisagem, tornando o ambiente cada vez mais frágil e as pessoas vulneráveis aos processos geomorfológicos e urbanos.

Após discutir sobre as alterações da paisagem na área de estudo e entender a morfodinâmica resultante, faz-se necessário compreender as características socioeconômicas da população que ocupa este ambiente, a fim de se entender a vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

4.2 Características Socioeconômicas da População Residente no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Para caracterizar a população residente no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, compilaram-se algumas variáveis do Censo Demográfico (2010), os quais foram fundamentais na análise do perfil da população e das condições de saneamento básico presentes.

A compilação das variáveis resultou na espacialização de oito elementos primordiais para esta pesquisa, sendo eles: população total estimada por setor censitário; pessoas alfabetizadas por setor censitário; responsável com rendimento mensal de até um

salário mínimo; domicílios com lixo queimado, jogado em terrenos baldios, logradouro ou rio; domicílios com lixo acumulado no logradouro; domicílios sem esgotamento sanitário ou com esgoto a céu aberto; domicílios com fossa séptica; e setores com ausência de bueiros diversos e galerias.

De acordo com os dados do Censo Demográfico (2010), o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio possui uma população de aproximadamente 153.968 habitantes, onde a maior concentração populacional encontra-se nos setores próximos aos cursos d'água, tabuleiros e na porção pertencente ao município de São Luís (Mapa 13, p. 161).

Da população residente na área, mais de 50% da população por setor censitário é alfabetizada. A menor concentração de alfabetizados está nos bairros Matinha, Santana e Laranjal com uma variação de 50 a 87% de alfabetização, bairros estes situados em áreas de tabuleiros e colunas esparsas. Apesar de ser apresentada como a menor porcentagem, trata-se de um valor relevante de pessoas alfabetizadas. A maior concentração de alfabetizados é de 96 a 100% e está situada nas bordas dos tabuleiros, sobretudo nos bairros Geniparana, Orquídeas e Tambaú (Mapa 14, p. 162).

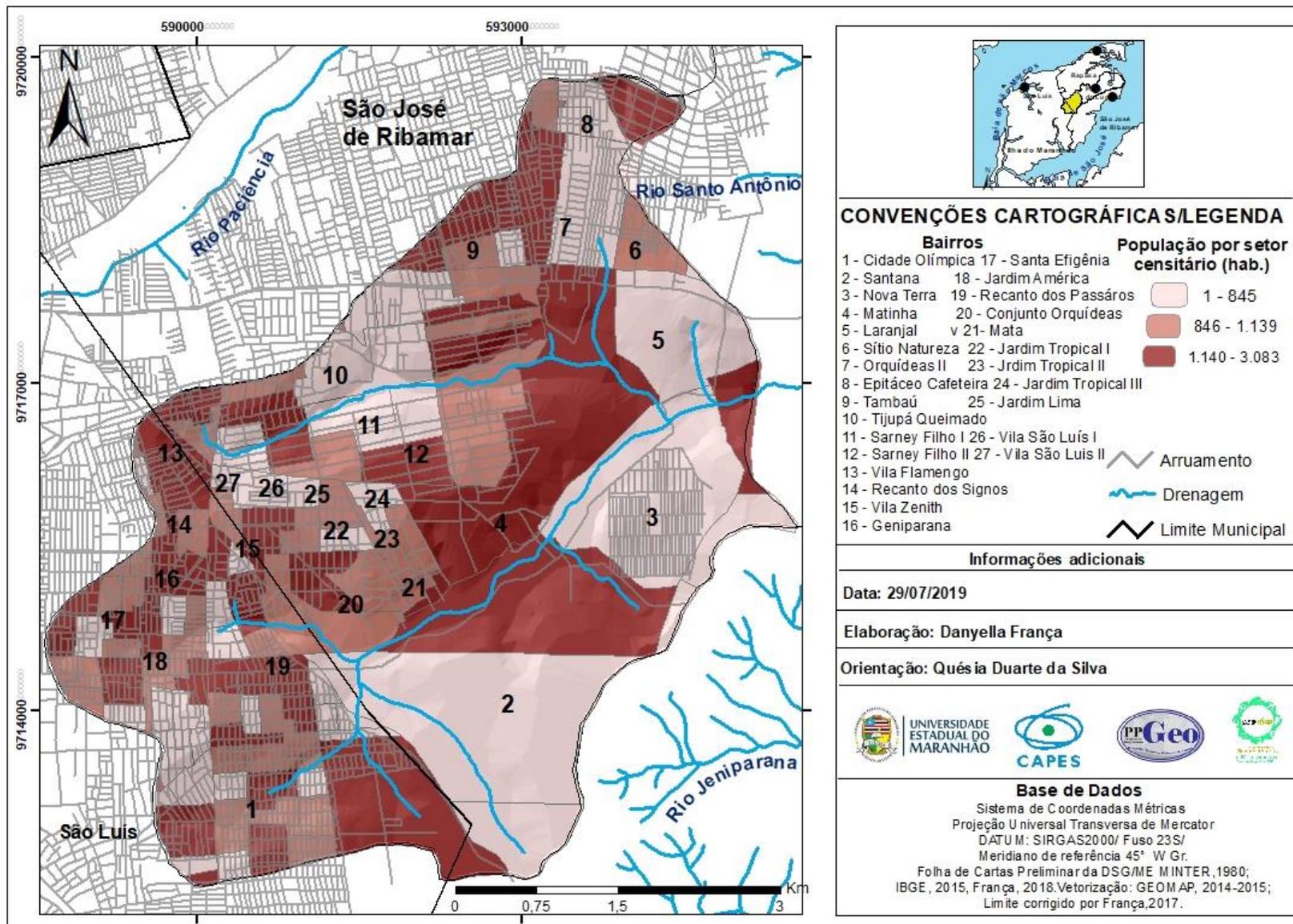
A alfabetização dos indivíduos tem reflexo direto nas questões econômicas das famílias, tendo em vista que o mercado de trabalho encontra-se cada vez mais exigente e as pessoas qualificam-se cada vez mais, a fim de possuir bons salários e obterem melhor qualidade de vida.

No entanto, apesar de mais de 50% dos habitantes da área de estudo estarem caracterizados como alfabetizados, entre 48 e 70% dos responsáveis pelos domicílios, ou popularmente conhecidos como chefes de família, sobrevivem com um rendimento mensal de até um salário mínimo⁸⁵.

Levando em consideração os dados levantados nas entrevistas, muitos responsáveis pelos domicílios não são assalariados e não possuem renda fixa. Relacionando esta informação com os dados censitários, defende-se que há predominância da população de baixa renda na área de estudo, fato este que está associado ao processo histórico de ocupação da localidade (Mapa 15, p. 163).

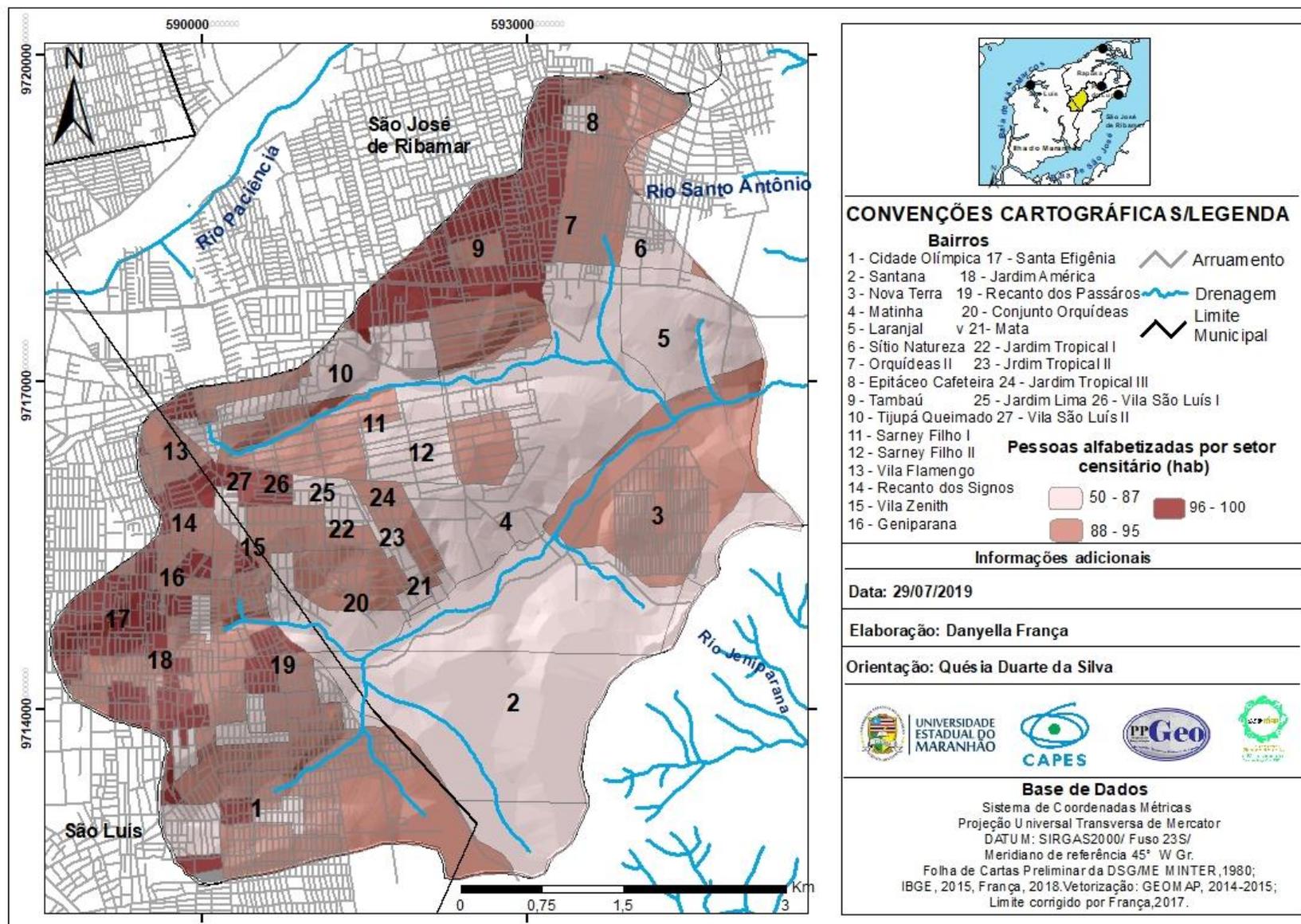
⁸⁵ As variáveis utilizadas contemplavam setores com chefes de família sem rendimento mensal, meio salário e um salário

Mapa 13 - População total estimada por setor censitário no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



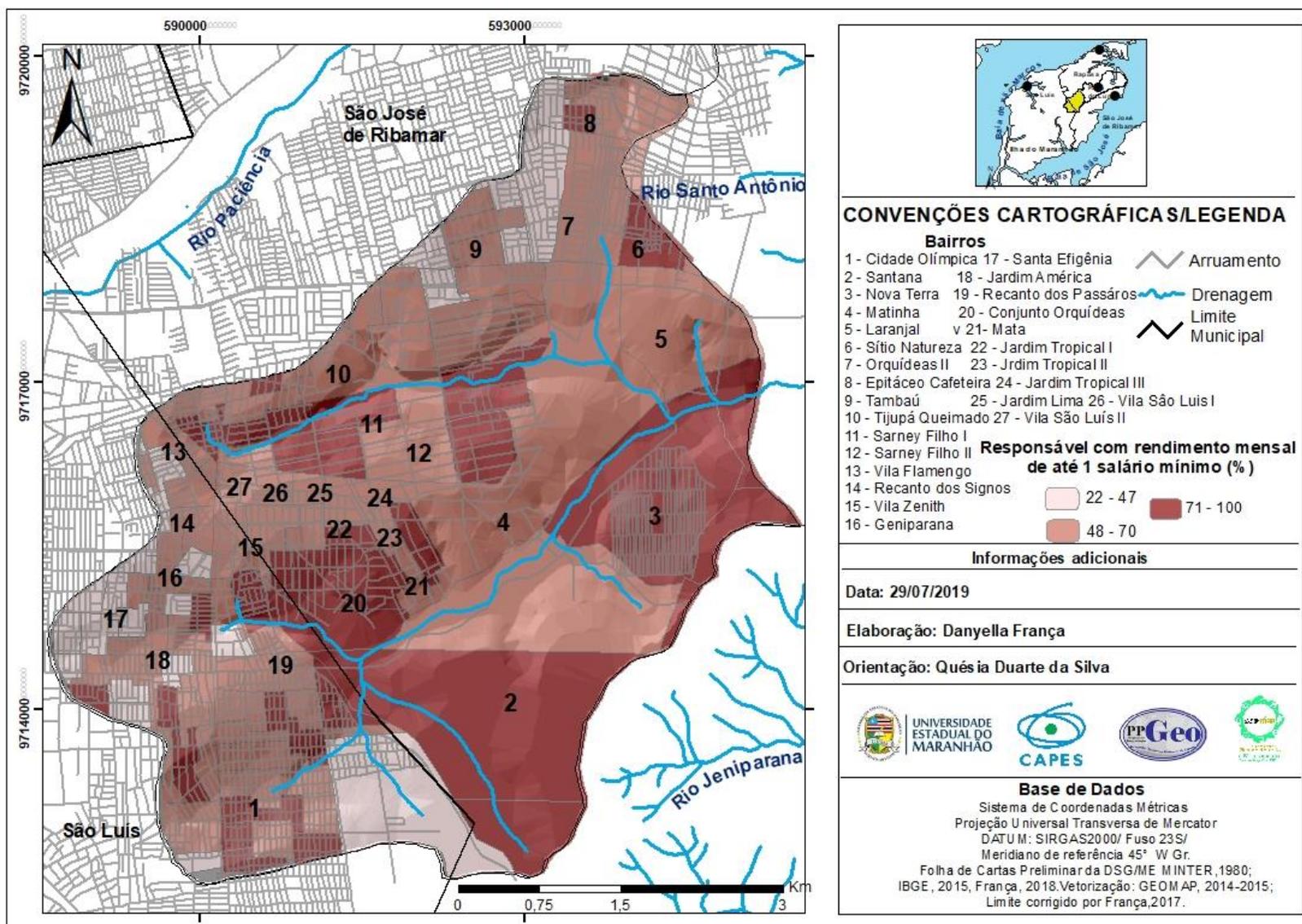
Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 14 - Pessoas alfabetizadas por setor censitário no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 15 - Responsável com rendimento mensal de até um salário mínimo no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

No bairro Santana, é possível observar a relação direta entre alfabetização e renda, à qual é dada de maneira inversamente proporcional. Onde se tem a menor porcentagem de alfabetizados, observa-se a predominância de chefes de família sobrevivendo com até um salário mínimo.

Tal relação de inversão também pode ser vista em alguns setores que estão situados entre os bairros Tambaú e Orquídeas. Nas áreas onde há maior concentração de pessoas alfabetizadas, observa-se uma porcentagem variante de 1 a 47% dos chefes de família sobrevivendo com um salário mínimo, o que representa mais de 50% dos chefes nesses setores com rendimento mensal maior que um salário.

Comparando os elementos já analisados, observa-se que o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio possui um contingente populacional expressivo de indivíduos alfabetizados, porém de baixa renda. Esse perfil socioeconômico está associado às condições históricas de ocupação e tem reflexos nas formas de apropriação do relevo.

Devido às condições supracitadas, os serviços de infraestrutura urbana em alguns bairros são inexistentes e em outros, não atendem plenamente às necessidades da população residente, sendo na maioria das vezes ineficientes.

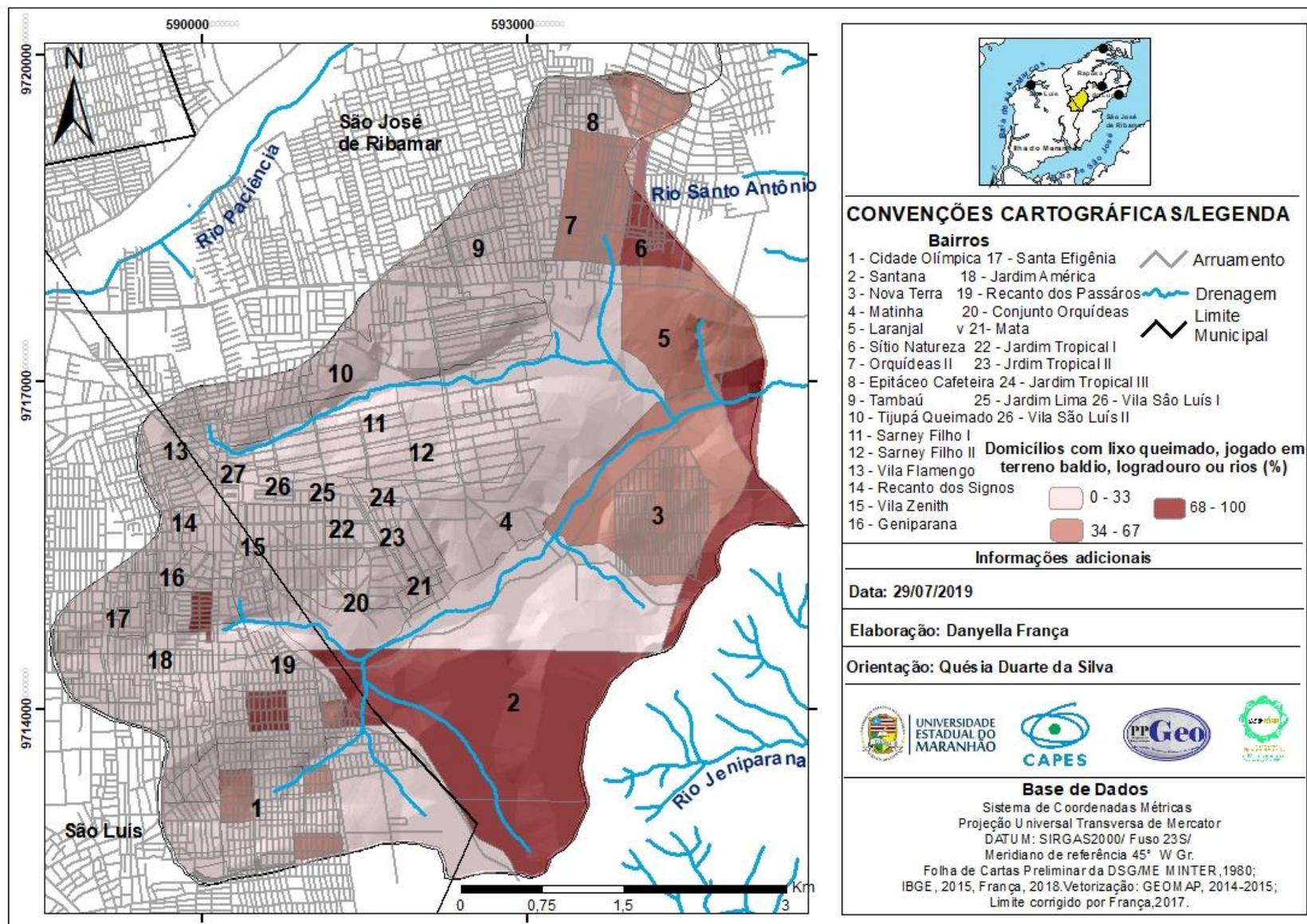
A coleta dos resíduos sólidos é promovida nos municípios de São Luís e São José de Ribamar, porém, existem bairros que não são contemplados, devido à falta de pavimentação das vias, o que compromete o acesso dos veículos do sistema de coleta.

Por esta razão, de 0 a 33% da população da área de estudo descartam seus resíduos em terrenos baldios, logradouros, nos canais fluviais e/ou queimam (Mapa 16, p. 165). No bairro Santana, o qual possui difícil acesso, considerado como um bairro com características rurais, têm-se a maior porcentagem de lixo descartado de maneira inadequada, do ponto de vista da saúde e do planejamento urbano.

Nos bairros Laranjal, Residencial Nova Terra e parte do Residencial Orquídeas ocorre a segunda maior representatividade de descarte inadequado dos resíduos sólidos, isto é, de 34 a 67%.

Devido à falta de conscientização e até mesmo de educação da população, em diversas cidades maranhenses têm-se o mau hábito de descartar os resíduos sólidos nas vias públicas, o que contribui para a poluição do ambiente e para o agravamento dos fenômenos de alagamentos, uma vez que estes resíduos acumulados nas vias e sarjetas causam o entupimento de bueiros e galerias, local destinado à descarga das águas pluviais.

Mapa 16 - Domicílios com lixo descartado irregularmente no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

No alto curso, existe uma variação de apenas 0 a 6% dos domicílios por setor censitário com lixo acumulado no logradouro, o que apesar de ser considerado um valor baixo, pode causar sérios prejuízos para a população no que tange à saúde pública (Mapa 17, p. 167).

Outro elemento agravante é a ausência de esgotamento sanitário, sendo o esgoto a céu aberto ou os dejetos líquidos diretamente lançados no canal fluvial. Grande parte da porção compreendida pelo município de São Luís apresenta problemas relacionados a esgoto a céu aberto, bem como muitos bairros de São José de Ribamar.

De acordo com os dados do Censo Demográfico (2010), nos setores que compreendem os bairros Geniparana, Santana, Laranjal, Matinha e Residencial Nova Terra, têm-se a menor porcentagem de domicílios sem esgotamento sanitário, uma variação de 0 a 37% dos domicílios (Mapa 18, p. 168).

Os dados coletados nas entrevistas divergem dos dados espacializados, uma vez que a população afirma não existir esgotamento sanitário nos referidos bairros. Outro dado divergente está relacionado à porcentagem de domicílios que possuem fossa séptica⁸⁶.

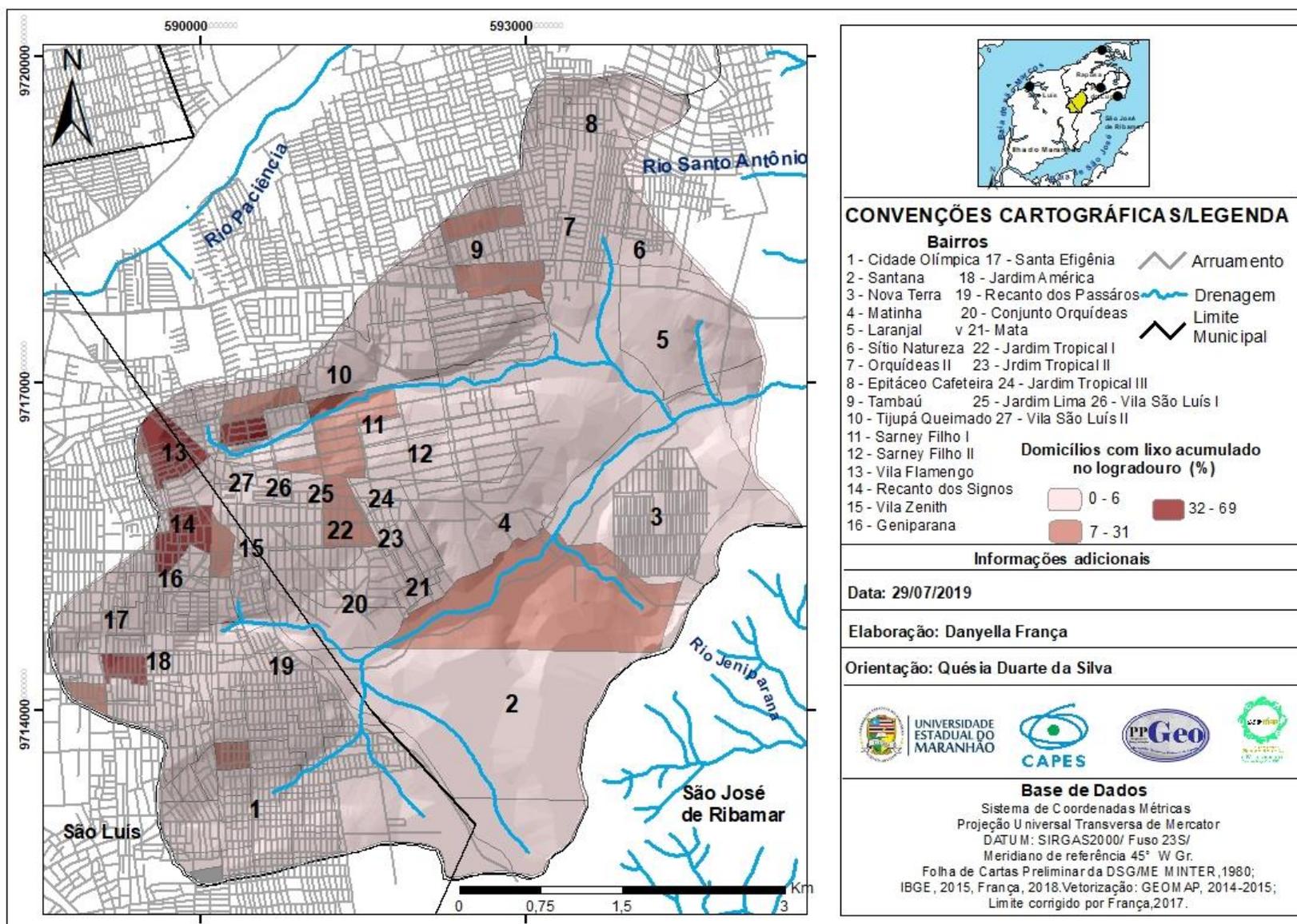
De acordo com os dados censitários, poucos setores possuem uma variação de 69 a 100% de domicílios com fossa séptica, porém, através das entrevistas e trabalhos de campo, contou-se que nas áreas espacializadas com 0 a 18% de domicílios, de fato 100% dos domicílios possuem fossa séptica (Mapa 19, p. 169).

No que tange ao sistema de drenagem urbana, informações relativas à existência/inexistência de bueiros diversos, galerias, poços de inspeção e dentre outros componentes deste sistema é fundamental para a compreensão da infraestrutura.

Levando em consideração os dados disponíveis no Censo (2010), nota-se que mais de 50% da área de estudo não possui nenhum tipo de bueiro ou galerias, sendo a variação mais representativa de 79 a 100% de setores com ausência de bueiros diversos e galerias (Mapa 20, p.170).

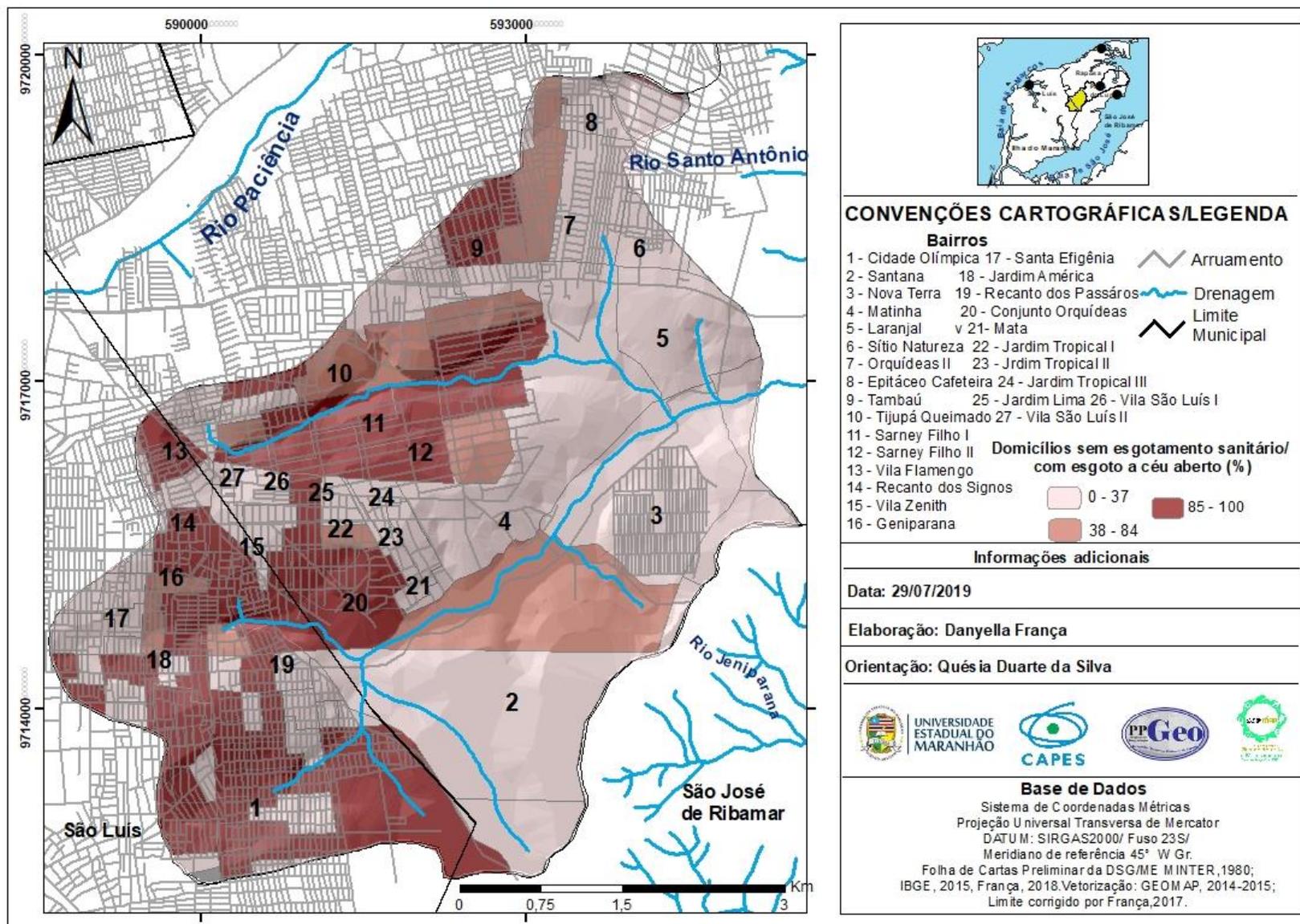
⁸⁶ Apesar deste diagnóstico, os dados coletados nas entrevista não são suficientes para se promover uma atualização destes mapeamentos das variáveis sociais. Por esta razão utiliza-se os dados disponíveis.

Mapa 17 - Domicílios com lixo acumulado no logradouro no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



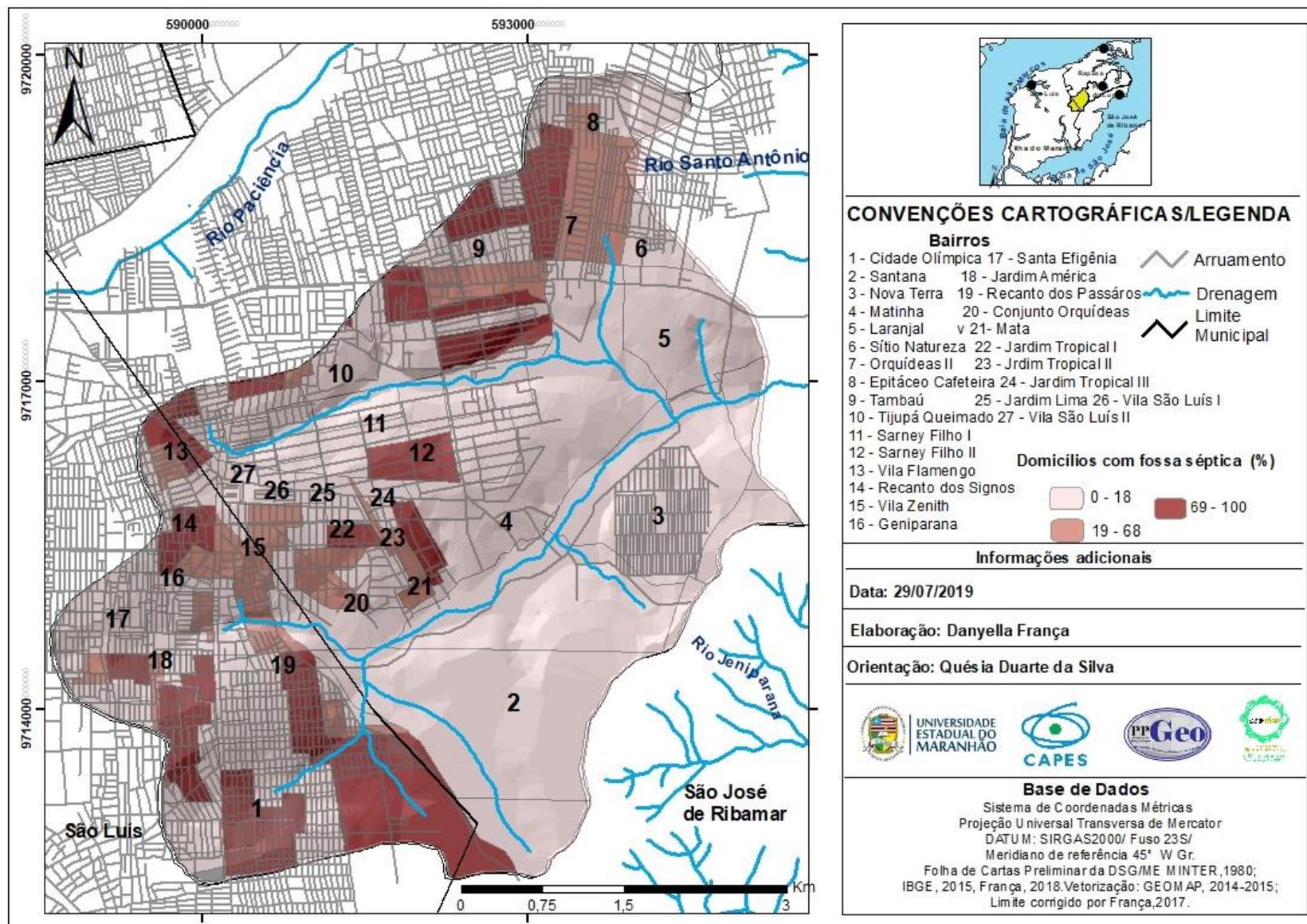
Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 18 - Domicílios sem esgotamento sanitário/ com esgoto a céu aberto no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



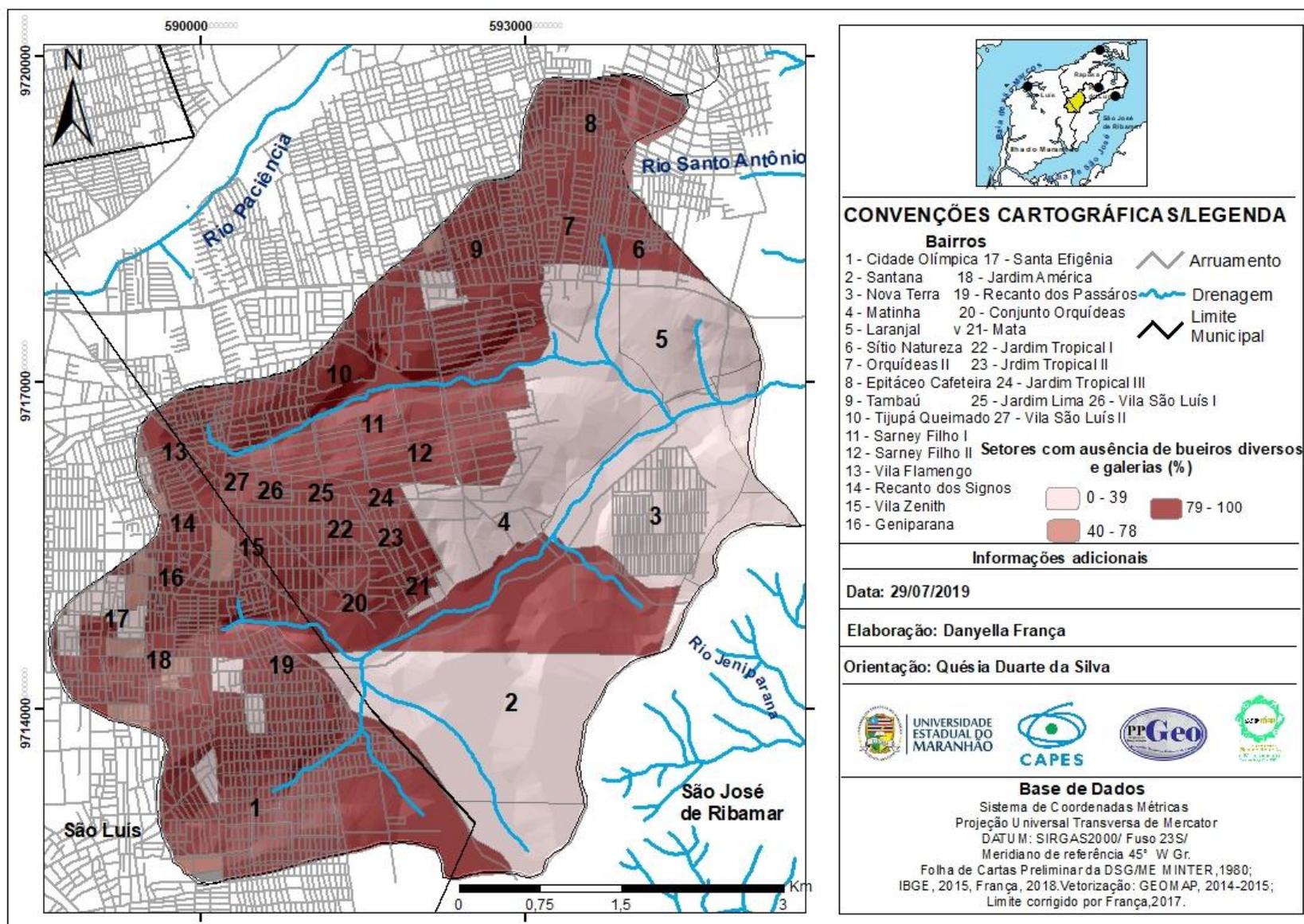
Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 19 - Domicílios com fossa séptica no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 20 - Setores com ausência de bueiros diversos e galerias no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

A ausência do sistema de drenagem tem reflexos diretos para a ocorrência de alagamentos nas localidades⁸⁷, pois este sistema direciona as águas pluviais para o seu destino final, no entanto, em áreas onde o sistema inexistente ou é ineficiente as águas pluviais tendem a se acumular, sobretudo nas áreas planas, com baixas declividades provocando assim problemas urbanos.

Partindo dos pressupostos que o perfil socioeconômico da população do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio corresponde a uma população alfabetizada, de baixa renda, oriunda de um processo histórico de ocupação espontânea delicado, onde as alterações realizadas na paisagem partiram da população local, uma vez que os agentes produtores do espaço urbano como o Estado não promoveram alterações no sentido de melhorar a qualidade de vida dos habitantes dessa localidade respeitando os limites naturais, e que a infraestrutura urbana não corresponde plenamente as necessidades da população residente na área de estudo, caracterizar-se-á as áreas de vulnerabilidade ambiental aos alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

4.3 Vulnerabilidade Ambiental a Alagamentos no Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

A partir do processo de ocupação dos compartimentos do relevo, o alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio passou por um processo de alteração da paisagem, o qual resultou em mudanças na morfodinâmica da área. Até meados de 1970 poderia ser classificada como um meio morfodinâmico estável, em situação biostásica, porém atualmente é classificada como um meio fortemente instável e resistásico.

A esculturação dos compartimentos do relevo bem como da drenagem por parte dos agentes produtores do espaço urbano alterou os processos geomorfológicos, culminando em problemas ambientais urbanos, tais como enchentes, inundações e alagamentos.

As enchentes e inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica hidrológica dos rios, porém com a esculturação dos compartimentos do relevo pelo ser humano, esses fenômenos têm sua dinâmica alterada, com consequências negativas diversas para a população, sobretudo a perda de bens materiais como móveis e prejuízos associados à estrutura da residência.

⁸⁷ É importante ressaltar que os dados apresentados neste item referem-se a 2010 e que passados nove anos desse levantamento muitas informações foram atualizadas, porém, por esta ser a única fonte de dados disponíveis utilizou-os para esta pesquisa. Informações recentes relacionadas ao sistema de drenagem urbana do alto curso do Santo Antônio serão apresentadas na análise da vulnerabilidade ambiental a alagamentos no item a seguir.

Os alagamentos, por sua vez, são eventos que não estão diretamente relacionados ao canal fluvial, mas sim ao sistema de drenagem urbana, sendo um fenômeno recorrente nas cidades brasileiras e com consequências negativas diversas, tais como perdas materiais, problemas relacionados à saúde, trânsito de veículos e pedestres, entre outros.

Como foi demonstrado no item anterior, o alto curso é caracterizado como uma área de pouca infraestrutura urbana, com elevado número de setores sem bueiros, galerias e com esgoto a céu aberto. Assim, a ineficiência no sistema de drenagem é um dos fatores deflagradores para a ocorrência de alagamentos bruscos na área em questão.

Para esta pesquisa, são considerados alagamentos bruscos, aqueles que afetam diretamente a população com perdas materiais e imateriais, tais como os problemas de saúde adquiridos mediante o contato dos moradores com a água contaminada. Os alagamentos graduais são aqueles que ao se concentrarem, rapidamente escoam sem causar transtornos para a população.

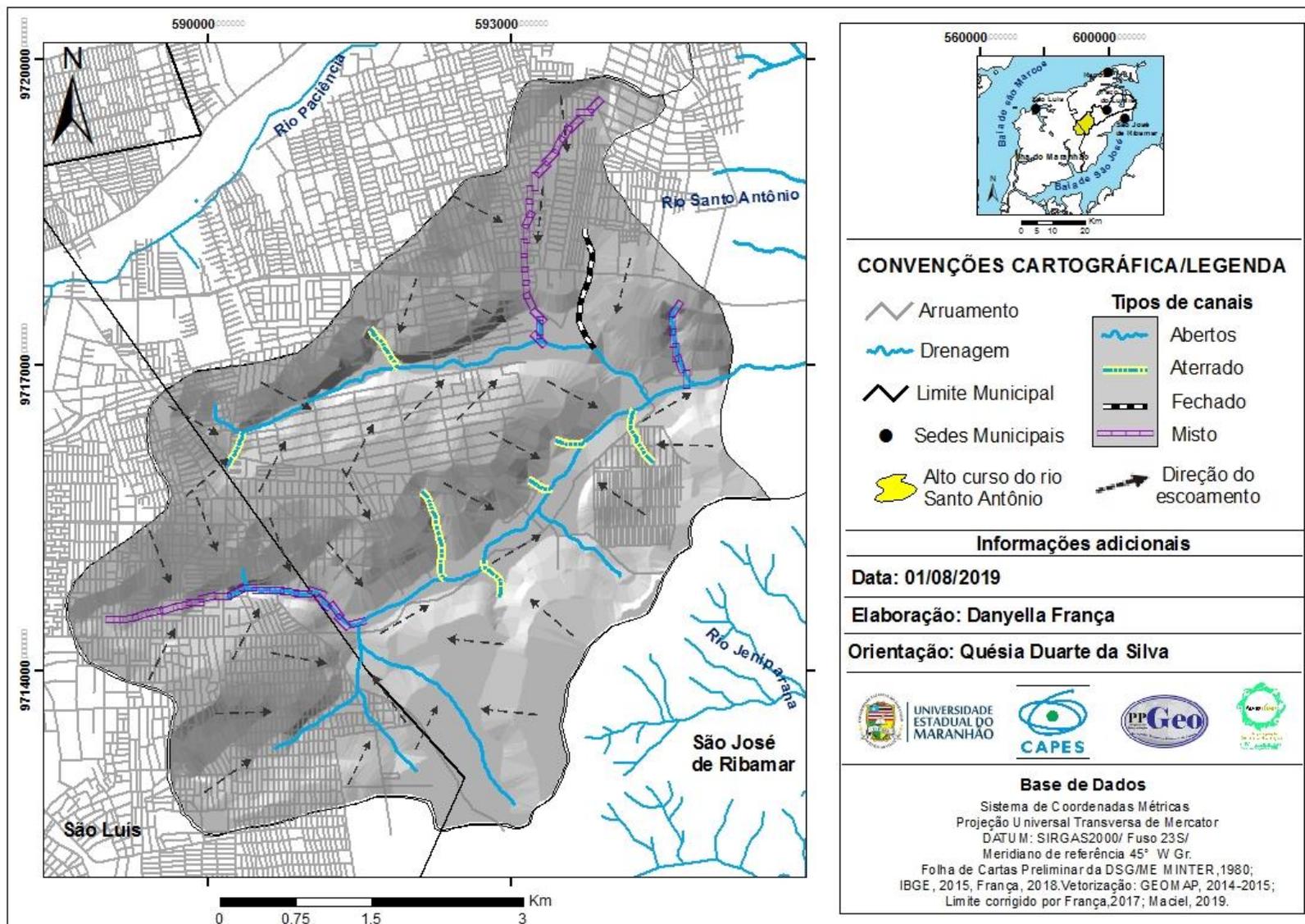
Os alagamentos bruscos ocorrem em mais de 65% da área de estudo, causando diversos problemas para a população, comprometendo principalmente o tráfego dos pedestres e o trânsito veicular. Em dias com índices pluviométricos acima de 80 mm, grande parte da Ilha do Maranhão fica com o trânsito comprometido, devido a este tipo de alagamentos.

Com a ocupação do relevo e a esculturação das formas pelo ser humano, os canais fluviais foram alterados, muitos aterrados, fechados e canalizados, o que provocou a modificação da direção do escoamento das águas pluviais (Mapa 21, p.173).

A alteração da morfodinâmica no que diz respeito ao escoamento, resultou na maior velocidade do escoamento das águas, o que associado à ausência de infraestrutura urbana resulta em problemas urbanos, como é o caso dos alagamentos.

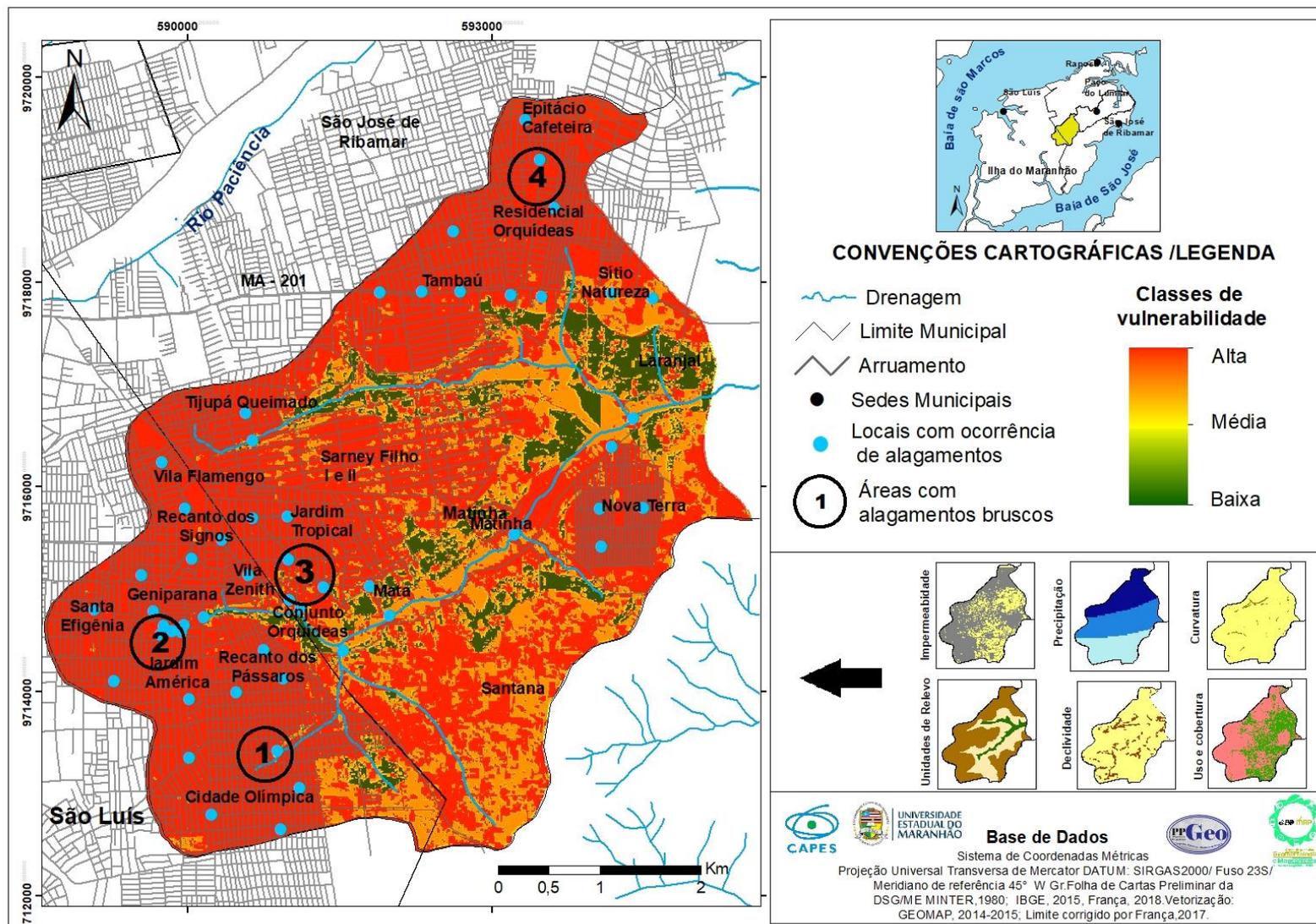
Partindo do pressuposto de que as formas de relevo na área contribuem para a ocorrência dos alagamentos, que a ausência de infraestrutura e equipamentos urbanos como bueiros, galerias e entre outros associado a falta ou ineficiência do sistema de drenagem urbana é um fator preponderante para a deflagração dos mesmos e que a população ocupante constituiu-se socioeconomicamente como de baixa renda, mapeou-se a vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio (Mapa 23, p. 174), com base nas seguintes categorias citadas no capítulo procedimental deste trabalho, a saber: declividade, unidades de relevo, curvatura da superfície, impermeabilidade dos solos, uso e cobertura da terra e precipitação.

Mapa 21 - Direção do escoamento superficial no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Mapa 22 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Foram espacializadas três níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos na área de estudo - baixa, média e alta (Mapa 23, p. 176). Para fins de representação foram destacados três pontos, sendo um para cada classificação. A classe de alta vulnerabilidade está representada pelo ponto 1 localizado no bairro Jardim América. Esta classe corresponde a 72,84% da área de estudo e está diretamente relacionada às alterações da paisagem e à morfodinâmica resultante, bem como a inexistência ou ineficiência do sistema de drenagem urbana.

Tabuleiros impermeabilizados, vertentes esculturadas a partir da necessidade dos agentes produtores do espaço, canais fluviais com morfologias alteradas, todas estas alterações na paisagem modificam a morfodinâmica, porém um ambiente urbano precisa de suporte, por meio da técnica, para que os processos geomorfológicos não venham a atingir a população causando problemas diversos.

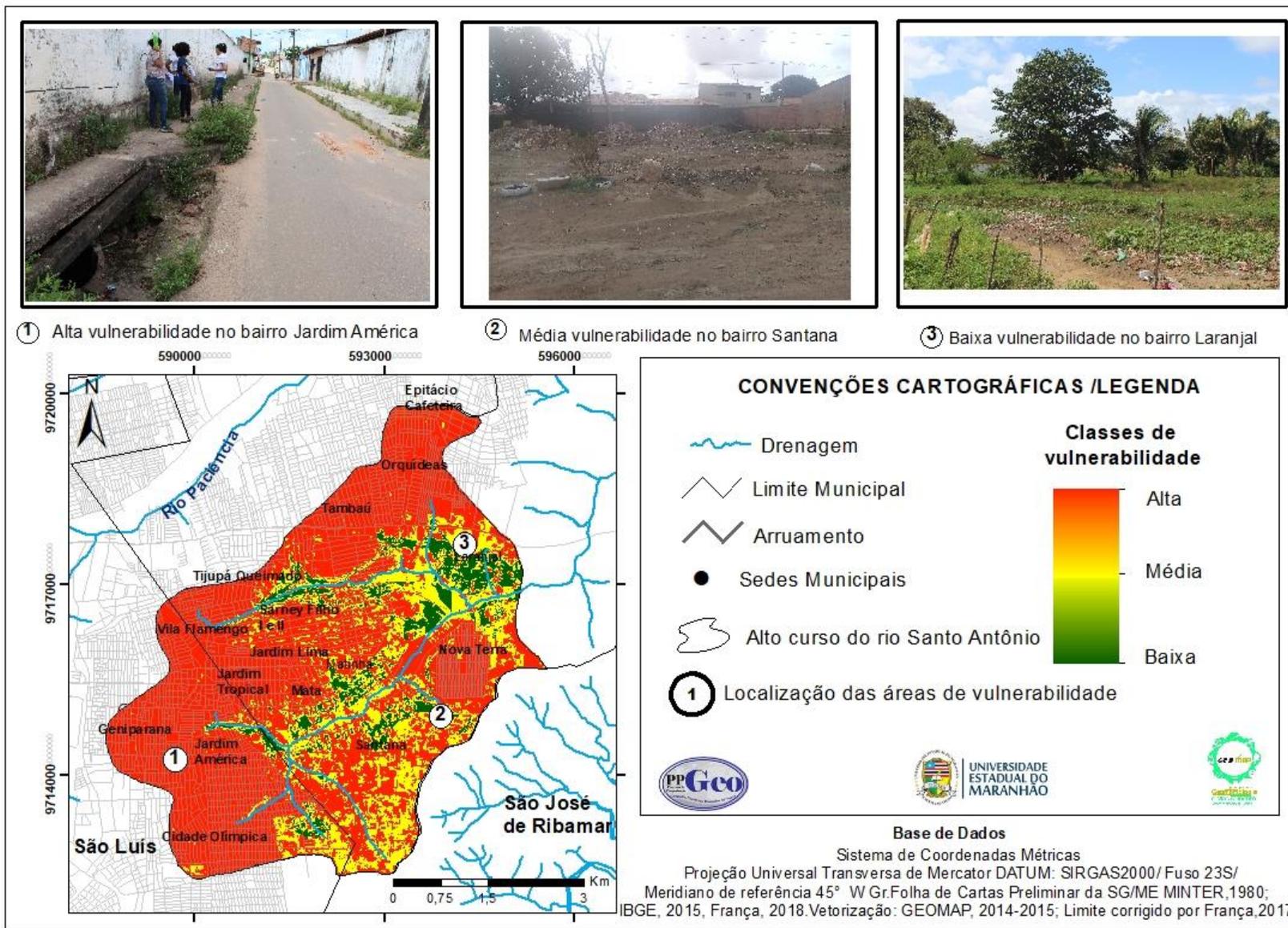
Quando a intervenção urbana ocorre, porém se não há estrutura eficiente para gerenciar a nova dinâmica gerada, ocorrem processos geomorfológicos de maneira acelerada e intensa que causam prejuízos diversos para a população.

A classe de média vulnerabilidade está representada pelo bairro Santana, o qual não possui sistema de drenagem urbana e está com o processo de urbanização em curso. Ainda existem áreas permeáveis, com construções de residências que estão em processo de expansão horizontal. Essa classe corresponde a 20,10% da área de estudo.

A classe de baixa vulnerabilidade corresponde a 7,06% da área de estudo e está representada pelo bairro Laranjal. Este bairro apresenta características semiurbanas, com presença significativa de vegetação secundária mista do tipo gramíneas e arbóreo-arbustiva. Existem áreas impermeáveis; o padrão residencial consiste em chácaras e sítios, o que promove a preservação das árvores, sem alterações significativas do ponto de vista da instabilidade do ambiente.

Levando em consideração a morfodinâmica da área em questão os três níveis de vulnerabilidade espacializados serão apresentados a partir dos características que o definem na área de estudo para a ocorrência dos alagamentos, tendo em vista o fenômeno em questão e as particularidades da área de estudo.

Mapa 23 - Níveis de vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

4.3.1 Baixa vulnerabilidade

A baixa vulnerabilidade ambiental a alagamentos é composta pelos seguintes critérios que a especificam: unidade de relevo agradacional que no alto curso corresponde as planícies fluviais com variação altimétrica entre 20 e 25 metros; declividades superiores a 12% com vertentes do tipo retilíneas, côncavas e convexas; cobertura da terra composta por vegetação secundária mista com predominância de gramíneas e vegetação arbórea-arbustiva, predominância de áreas permeáveis e padrão de uso semiurbano (Figura 41, p.178).

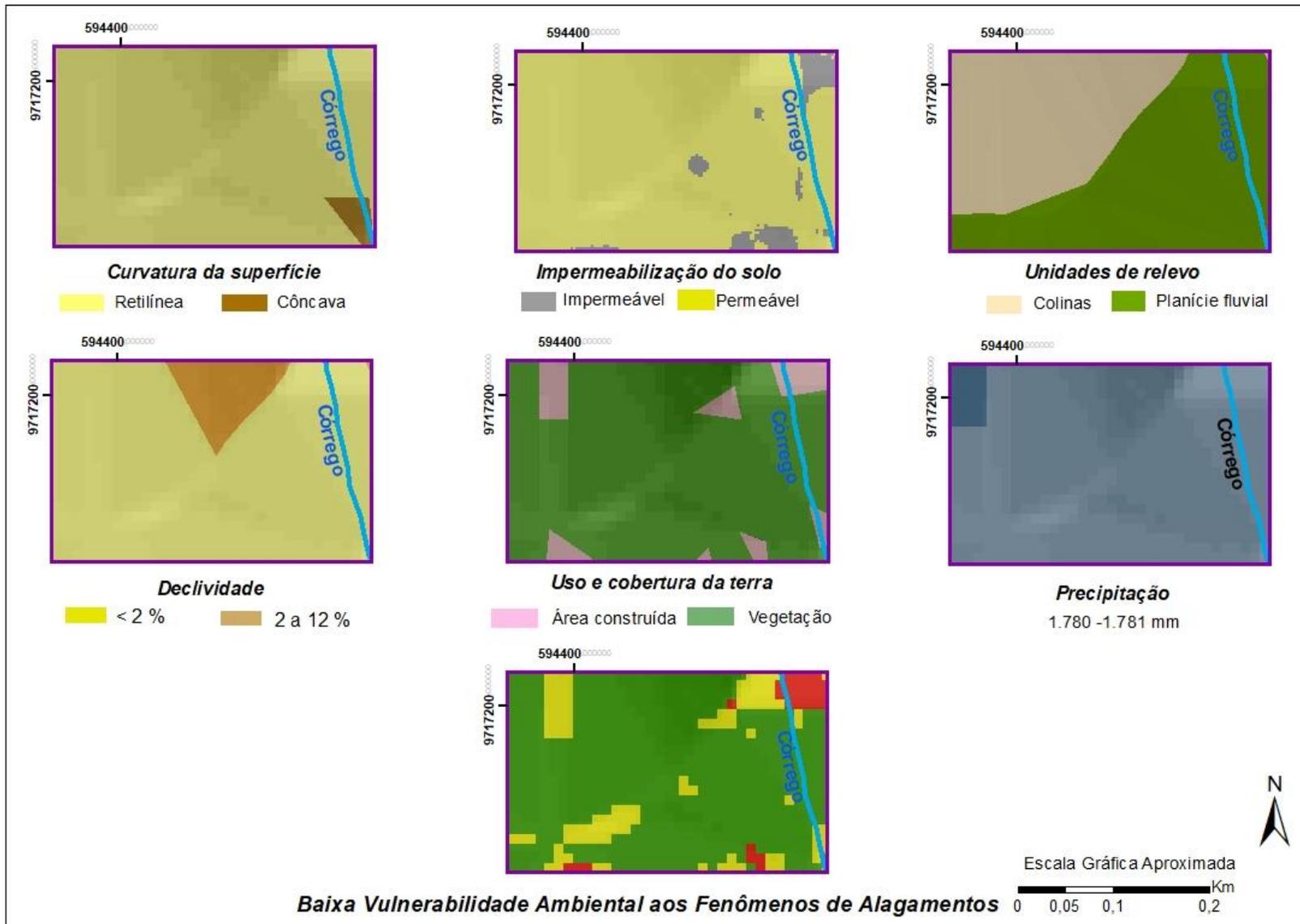
A concentração de vegetação nesse nível denota na ausência de construções e grandes áreas impermeabilizadas. Com a ausência de impermeabilização e predomínio de vegetação há maior probabilidade de infiltração da água no solo, recarga do lençol freático, diminuição de escoamento superficial e do surgimento de processos erosivos lineares como sulcos e ravinas.

Apesar da vertentes côncava possuir característica de acumulação de fluxo, quando associada a presença de cobertura vegetal, declividades acima de 12% proporcionando rápido escoamento e ausência de áreas impermeáveis não há grandes possibilidades de acumulação.

Nas localidades espacializadas com baixa vulnerabilidade ambiental, quando há ocorrência de alagamentos os mesmos são graduais como ocorre no bairro Laranjal. Na Figura 42, p.179 observa-se o referido bairro com alagamentos graduais no dia 12 de fevereiro de 2019 onde a precipitação acumulada em 24 horas foi de 25 mm.

Observa-se as características da localidades como vegetação arbórea e gramíneas, vertente retilínea e áreas permeáveis. A morfodinâmica resultante das áreas com baixa vulnerabilidade corresponde aos domínios de condições morfodinâmicas estáveis devido à concentração de vegetação e ausência de construções urbanas nestes ambientes que precisam ser preservados. Atividade antrópica reduzida, características do ambiente natural predominantes com baixa fragilidade no que tange aos aspectos naturais.

Figura 41 – Baixa vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 42 – Alagamentos graduais no bairro Santana, São Luis - MA



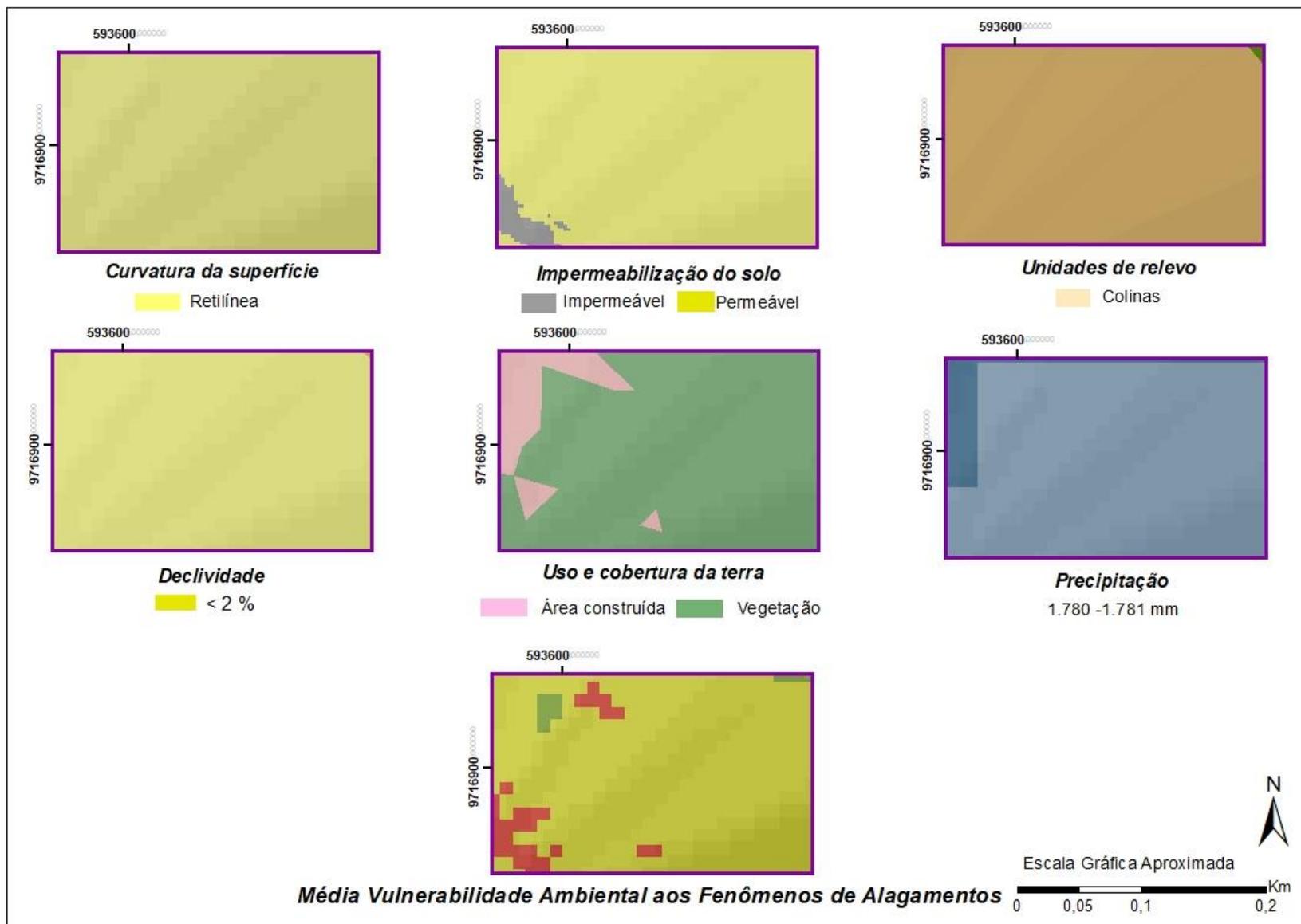
Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 12.02.2019.

4.3.2 Média vulnerabilidade

A média vulnerabilidade ambiental a alagamentos é composta pelos seguintes critérios que a especificam: unidades de relevo denudacionais que no alto curso correspondem mais precisamente as colinas esparsas e as bordas dos tabuleiros, sendo que a primeira morfologia tem variação altimétrica entre 29 e 30 metros e a segunda em torno de 40 metros. Declividades superiores a 2% com vertentes do tipo planar retilíneas, cobertura da terra composta por gramíneas, solo exposto e áreas relativamente permeáveis. O padrão de uso é caracterizado como área construída com urbanização em curso e padrão residencial (Figura 43, p.180).

Na área de estudo a média vulnerabilidade está composta por declividades acima de 2%, o que proporciona em si mesmo o acúmulo de fluxo, uma vez que a declividade não é acentuada. A predominância de gramíneas associada a ausência de áreas impermeáveis resulta em maior capacidade de infiltração do que de escoamento, porém o padrão de uso residencial já instalado implica em algumas modificações na morfologia das vertentes e das colinas esparsas.

Figura 43 - Média vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Assim neste nível tem-se um meio morfodinâmico que procura a estabilidade frente as alterações da paisagem, o que reflete na ocorrência de processos geomorfológicos moderados como alagamentos, processos erosivos, entre outros.

Nas localidades espacializadas com média vulnerabilidade existe uma alteração entre os fenômenos de alagamentos que são classificados como graduais, pois escoam rapidamente e não provocam prejuízos de ordem material, porém prejudicam a locomoção dos pedestres. As ruas ficam alagadas, com concentração das águas pluviais por alguns minutos, as águas levam aproximadamente 30 minutos após a precipitação para começarem a escoar, podendo permanecer acumuladas em pequenas poças dependendo da morfologia das ruas e logradouros, como pode ser visto na Figura 44, o alagamento gradual no bairro Laranjal no dia 07 de março de 2017 onde a precipitação acumulada em 24 horas foi de 20mm.

Figura 44 – Alagamento gradual no bairro Laranjal, São José de Ribamar - MA



Fonte: Própria pesquisa, 2017. Trabalhos de campo em 07.03.2017.

A morfodinâmica resultante das áreas com média vulnerabilidade corresponde aos domínios de condições morfodinâmicas *intergrades*. O processo de ocupação é inicial. As alterações antrópicas são planejadas, levando em consideração os limites naturais. Equilíbrio entre o humano e o natural. Características do ambiente natural intermediárias - média fragilidade.

4.3.3 Alta vulnerabilidade

A alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos, por sua vez, é composta pelos seguintes critérios que a especificam: unidades de relevo denudacionais que no alto curso correspondem mais precisamente as colinas esparsas e aos tabuleiros com topos planos, sendo que a primeira morfologia tem variação altimétrica entre 29 e 30 metros e a segunda em torno de 40 a 60 metros. Declividades inferiores a 2% com vertentes predominantemente do tipo retilíneas, ausência de cobertura vegetação e áreas predominantemente impermeáveis. O padrão de uso é caracterizado como área urbanizada com presença de condomínio MCMV, estradas, áreas construídas consolidadas, comércio, Estrada de Ribamar, *etc.* (Figura 45, p.183).

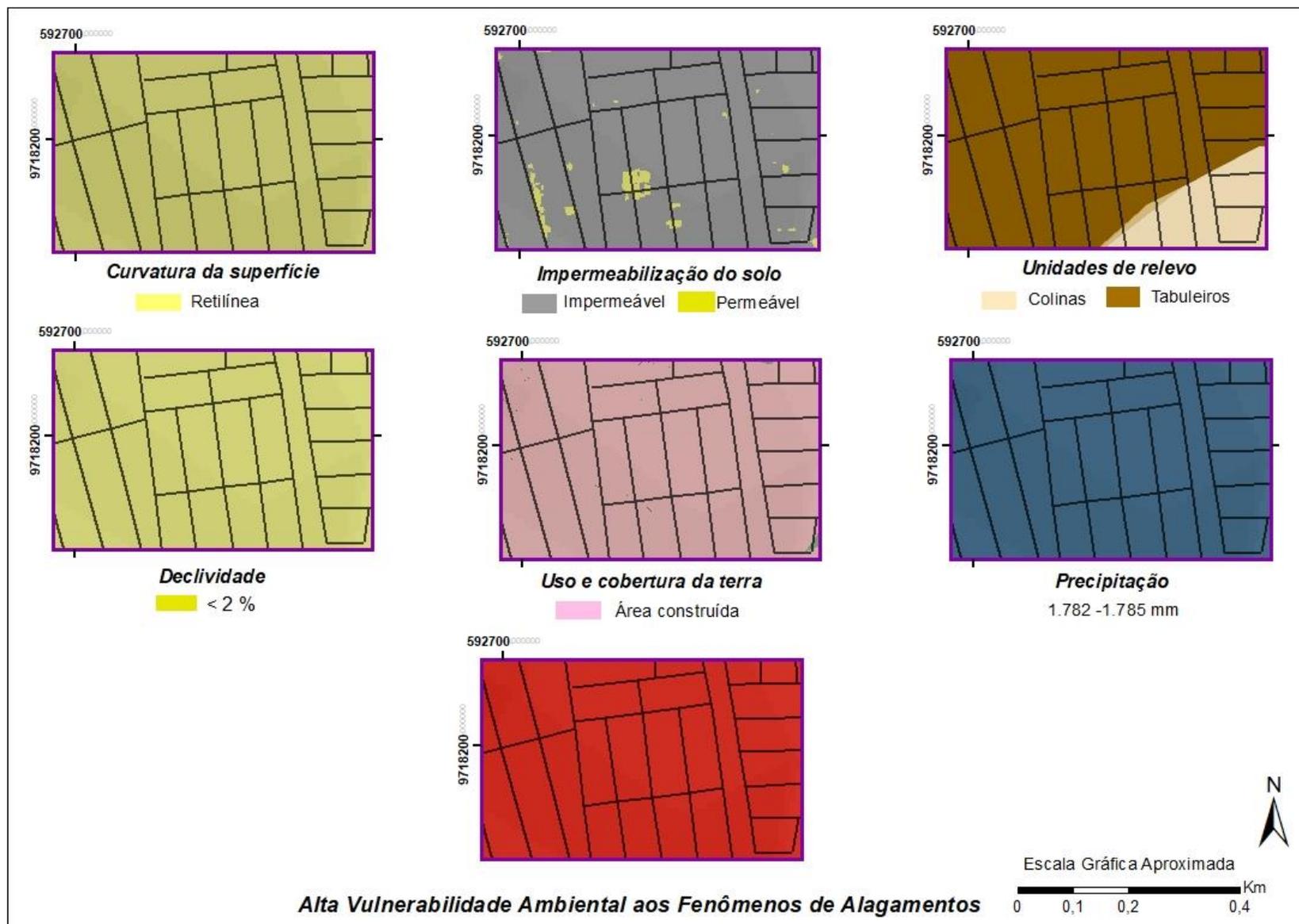
Neste nível as alterações antrópicas foram significativas a ponto de transformar um ambiente outrora biotásico em resistásico, sendo que as intervenções antrópicas associadas a falta de planejamento quando as mesmas promoveram no ambiente problemas que tem consequências diretas para a população residente.

A morfodinâmica resultante das áreas com alta vulnerabilidade corresponde aos domínios morfodinâmicos instáveis devido ao processo de urbanização intenso, uso inadequado do solo e impermeabilização das vias que facilitam a ocorrência de escoamento superficial. Atividades antrópicas intensas, com desconfiguração dos sistemas naturais, prevalecendo as atividades humanas com características ambientais favoráveis para a ocorrência de desajustes urbanos – alta fragilidade.

Dos três níveis espacializados tem-se no alta vulnerabilidade a predominância de alagamentos bruscos com problemas diversos para a população em mais 65% da área do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio. Apesar de tais alagamentos acontecerem em mais de 65% da área de estudo, devido ao tempo de pesquisa e das condições sociais de muitas localidades, para fins de análise serão apresentados, nos itens a seguir, apenas quatro setores em que ocorrem alagamentos bruscos, os quais estão distribuídos ao longo do alto curso: Setor 1 – Bairro Cidade Olímpica; Setor 2 – Bairro Jardim América; Setor 3 – Bairro Jardim Tropical; e Setor 4 – Residencial Orquídeas.

Vale ressaltar que os setores mapeados não correspondem a todo o bairro, mas apenas a localidades em que ocorrem alagamentos bruscos. Os setores são nomeados pelos bairros para melhor entendimento e localização por parte dos leitores.

Figura 45 - Alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Setor 1 – Bairro Cidade Olímpica

De maneira geral, nesta localidade a paisagem é constituída por tabuleiros de 40 a 60 metros, vertentes predominantemente retilíneas, com declividades inferiores a 12% com uso urbano consolidado, predomínio de área construída do tipo comercial e residencial, onde grande parte da localidade encontra-se impermeabilizada com pavimentação asfáltica (Figura 46, p. 185).

Os tabuleiros e vertentes foram impermeabilizados e a declividade do terreno reduzida (Figura 47, p.186). As águas pluviais que anteriormente infiltravam nos tabuleiros e exerciam atividade fundamental nas recargas dos aquíferos, agora com a capacidade de infiltração reduzida pela camada asfáltica que é impermeável, escoam superficialmente de maneira acelerada, a qual deveria desaguar em um dos componentes do sistema de drenagem urbana, como galerias e/ou bueiros.

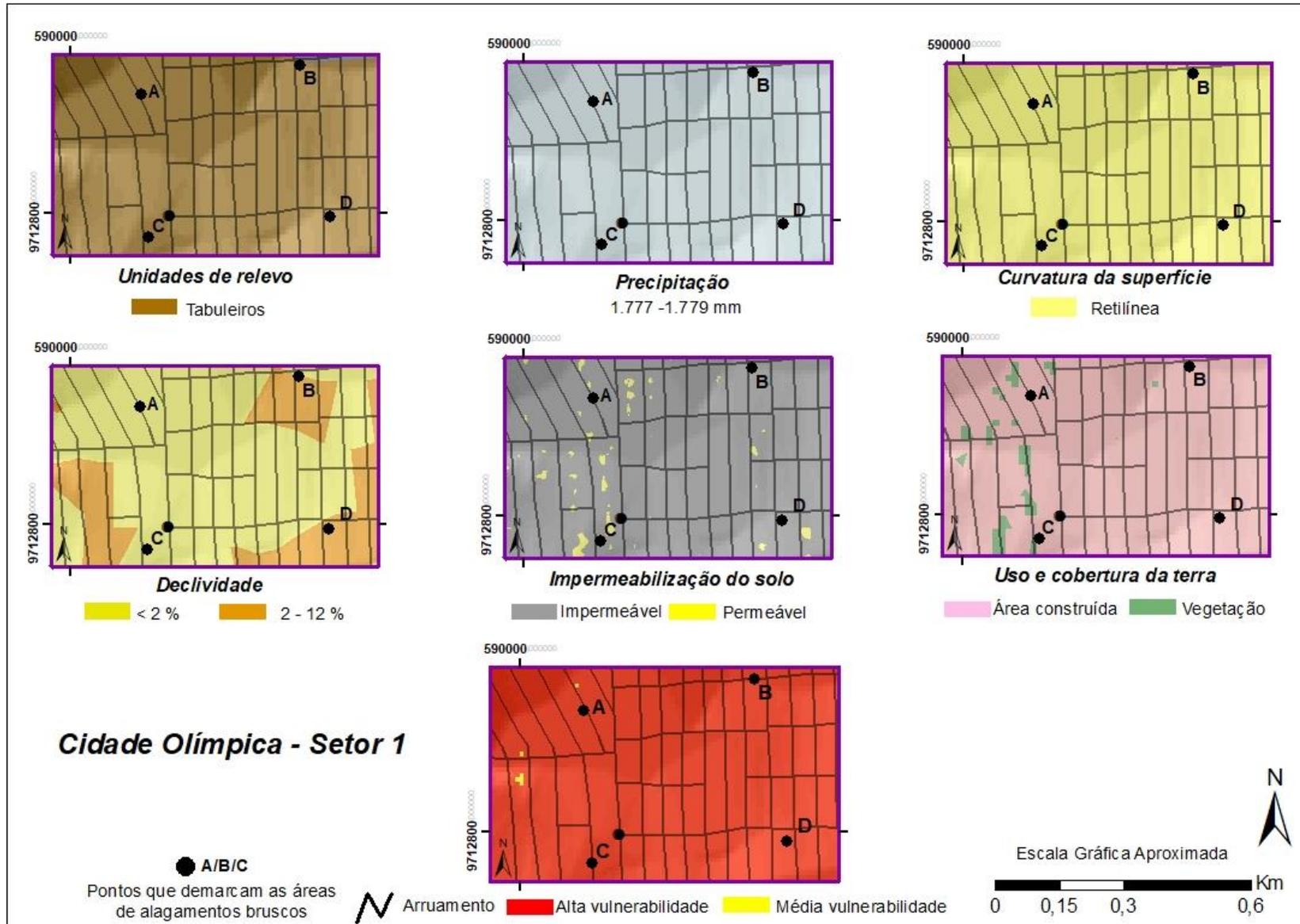
Apesar de ser uma localidade com mais de 50% das vias pavimentadas, o sistema de drenagem urbana é ineficiente. Bueiros, galerias e sarjetas começaram a ser construídos, bem como os demais componentes superficiais e subsuperficiais do sistema de drenagem, porém as obras não foram terminadas.

As obras inacabadas estão contribuindo com a ocorrência dos alagamentos no setor em questão (Figura 48, p. 186), pois a quantidade de materiais úrbicos nos canais, bem como nos bueiros iniciados dificulta a passagem das águas. Os dejetos líquidos da população são lançados diretamente no canal fluvial, evidenciando assim a inexistência de saneamento básico (Figura 49, p. 187).

De acordo com o processo histórico de ocupação e os dados do Censo Demográfico (2010), a população da localidade é predominantemente de baixa renda; os responsáveis por domicílios são alfabetizados com rendimento mensal de até um salário mínimo.

Segundo os relatos dos entrevistados, durante o período chuvoso na Ilha do Maranhão, sobretudo nos meses de abril e março, os alagamentos bruscos são frequentes neste setor, onde as águas pluviais entram nas residências e os residentes têm perdas materiais, como móveis e eletrodomésticos.

Figura 46 - Aspectos da paisagem no setor 1 - bairro Cidade Olímpica



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 47 - Morfologia impermeabilizada na Cidade Olímpica, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Figura 48 - Obras do sistema de drenagem inacabadas na Cidade Olímpica, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

Figura 49 - Encanação das residências direcionada para o canal fluvial na Cidade Olímpica, São Luís



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 06.09.2019.

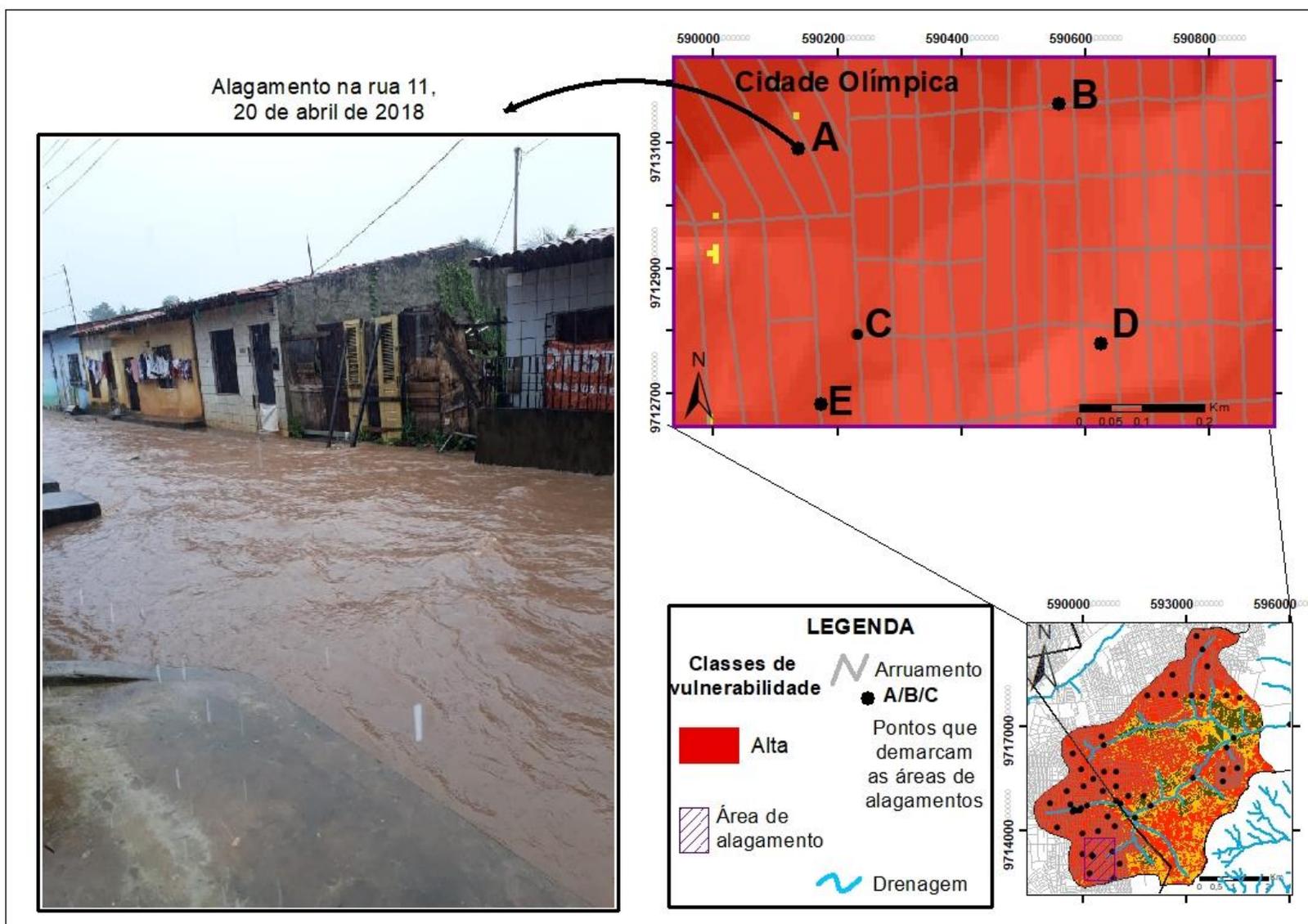
Conforme os moradores, normalmente as águas escoam rapidamente, porém em dias de grandes volumes pluviométricos, elas escoam em direção ao canal fluvial, que por sua vez, não comporta a vazão, por estar cheio de materiais úrbicos em seu leito, o que dificulta o escoamento.

A partir da análise da morfodinâmica atual da paisagem, da inter-relação dos aspectos ambientais e sociais já descritos tem-se no setor 1 alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos, à qual é justificada pela inexistência de um sistema de drenagem urbana, bem como as alterações realizadas na paisagem.

No dia 20 de abril de 2018 (Mapa 23, p.188) ocorreu uma precipitação de 90 mm na Ilha do Maranhão, a qual causou transtornos diversos, incluíse para os moradores do setor1 caracterizado nesta pesquisa.

De acordo com os veículos de comunicação o mês de abril em 2018 excedeu a média prevista para este ano (Figura 50, p. 189), estimativa esta que foi comprovada pelos noticiários e em campo durante esta pesquisa.

Mapa 24 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 1 - bairro Cidade Olímpica



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 50 – Reportagem sobre o volume de chuvas em 2018



Fonte: <https://oimparcial.com.br/noticias/2018>.

✚ Setor 2 – Bairro Jardim América

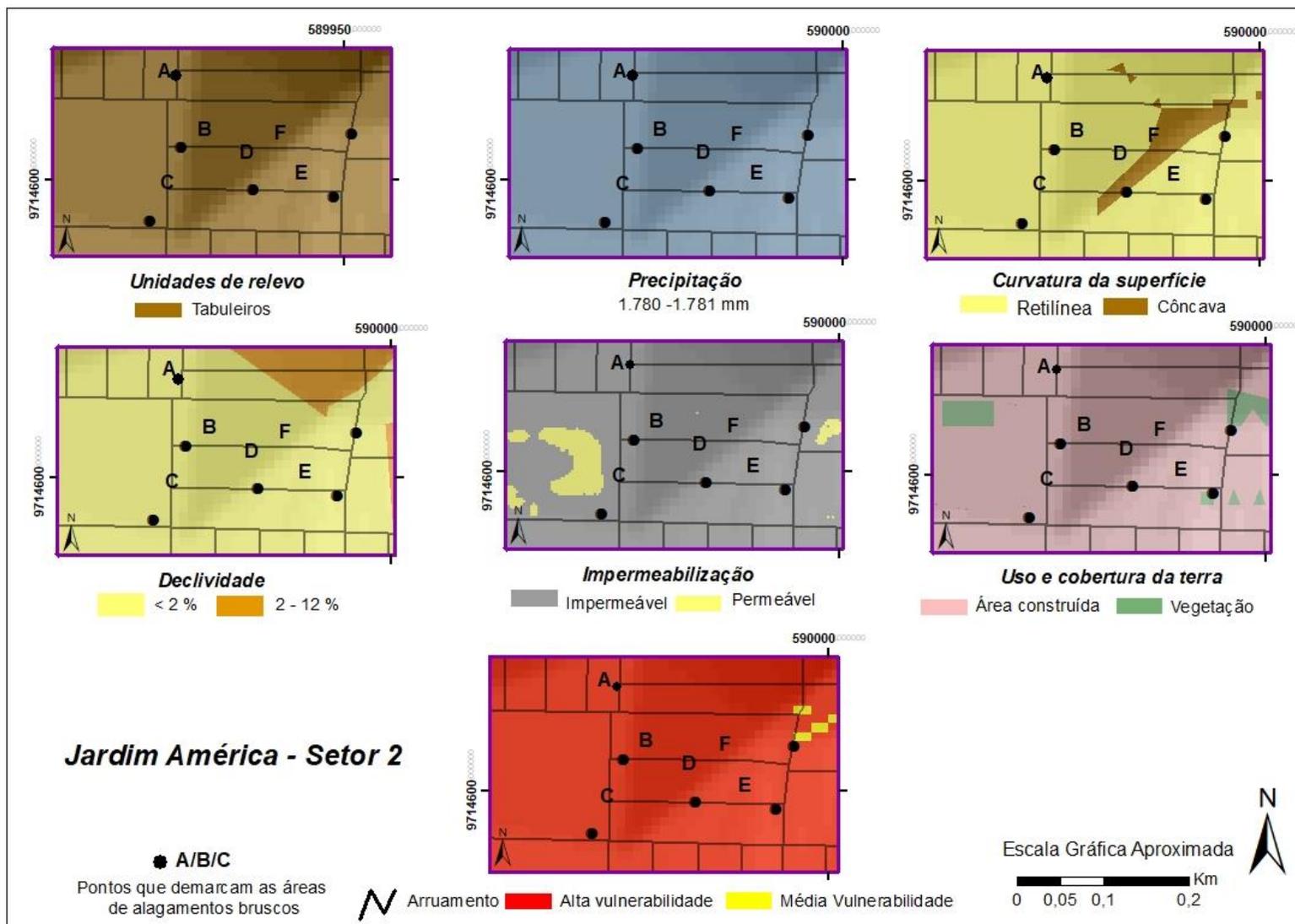
De maneira geral, nesta localidade, a paisagem é constituída por tabuleiros de 40 a 60 metros, por vertentes côncavas e retilíneas, com declividades inferiores a 12% com uso urbano consolidado; há o predomínio de área construída do tipo comercial e residencial e grande parte da área encontra-se impermeabilizada com pavimentação asfáltica (Figura 51, p. 190).

Neste setor, as alterações da paisagem foram significativas, pois as vertentes foram impermeabilizadas bem como os tabuleiros; mais de 600 metros do canal fluvial foi aterrado e outra parte deste encontra-se fechado, no qual são depositados os dejetos líquidos da população.

Durante o processo de produção do espaço urbano, os agentes produtores utilizaram o canal fluvial para descarte dos dejetos, incluindo-o como parte do sistema de esgotamento sanitário (Figura 52, p.191). Dentre os bairros inseridos no alto curso do Santo Antônio, o Jardim América caracteriza-se como um dos poucos que possui sistema de drenagem urbana, com galerias, sarjetas, poços de inspeção e bueiros.

Apesar de possuir os componentes superficiais e subsuperficiais do sistema de drenagem, muitos bueiros estão entupidos, seja por sedimentos ou materiais úrbicos, por falta de manutenção por parte do poder público ou por acúmulo de lixo depositado pela população ou transportado pelas águas de origem pluvial (Figura 53, p. 191).

Figura 51 - Aspectos da paisagem no setor 2 - bairro Jardim América



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 52 - Canal fechado no setor 2 – Jardim América



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalho de campo em 16.07.2019.

Figura 53 - Componentes do sistema de drenagem urbana no setor 2 – Jardim América



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 15.05.2018; 16.07.2019 e 06.09.2019.

Na Figura 53a, observam-se os bueiros do tipo boca de lobo entupidos por sedimentos que são transportados pelas águas pluviais. O acúmulo de sedimentos impede que

as águas deságuem nas galerias o que resulta em maior tempo de concentração dos alagamentos nas vias públicas.

Na Figura 53b observa-se um bueiro boca de lobo que está funcionando normalmente. Nas Figuras 53c e 53d têm-se a obstrução da tampa das galerias e os tubos de concreto que são componentes subsuperficiais do sistema de drenagem estão visíveis e com muitos materiais inadequados. Na Figura 53c, observa-se tubos sem resíduos sólidos e sedimentos, pois a população reuniu-se e promoveu a limpeza dos mesmos com a finalidade de diminuir o impacto dos alagamentos neste setor.

No setor 2 existe alta vulnerabilidade ambiental aos alagamentos, e em função disso a população tem tomado medidas estruturais em suas residências (Figura 54), uma vez que os alagamentos bruscos frequentemente entram nas residências provocando prejuízos relacionados à perda de móveis e eletrônicos.

Figura 54 – Componentes do sistema de drenagem urbana no setor 2 – Jardim América



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 15.05.2018.

A medida estrutural da Figura 54 é comumente chamada de “batente”, e é facilmente encontrada em diversos bairros da Ilha do Maranhão, uma vez que os fenômenos hidrometeorológicos são frequentes e acompanhados de prejuízos materiais para a população. Essa medida é adotada com a finalidade de impedir que as águas pluviais adentrem as residências ou estabelecimentos comerciais.

No dia 15 de dezembro de 2018 ocorreu uma precipitação de 65 mm na Ilha do Maranhão que causou diversos transtornos na Ilha. Dezembro é um mês em que não são esperados grandes índices pluviométricos no Estado uma vez que está iniciando o período chuvoso e os grandes índices são esperados para os meses de março e abril, porém de acordo com o INMET (2018) em dezembro de 2018 precipitou muito acima do previsto para este mês no Estado do Maranhão (Figura 55).

Figura 55 – Reportagem sobre o excesso de chuvas em dezembro de 2018



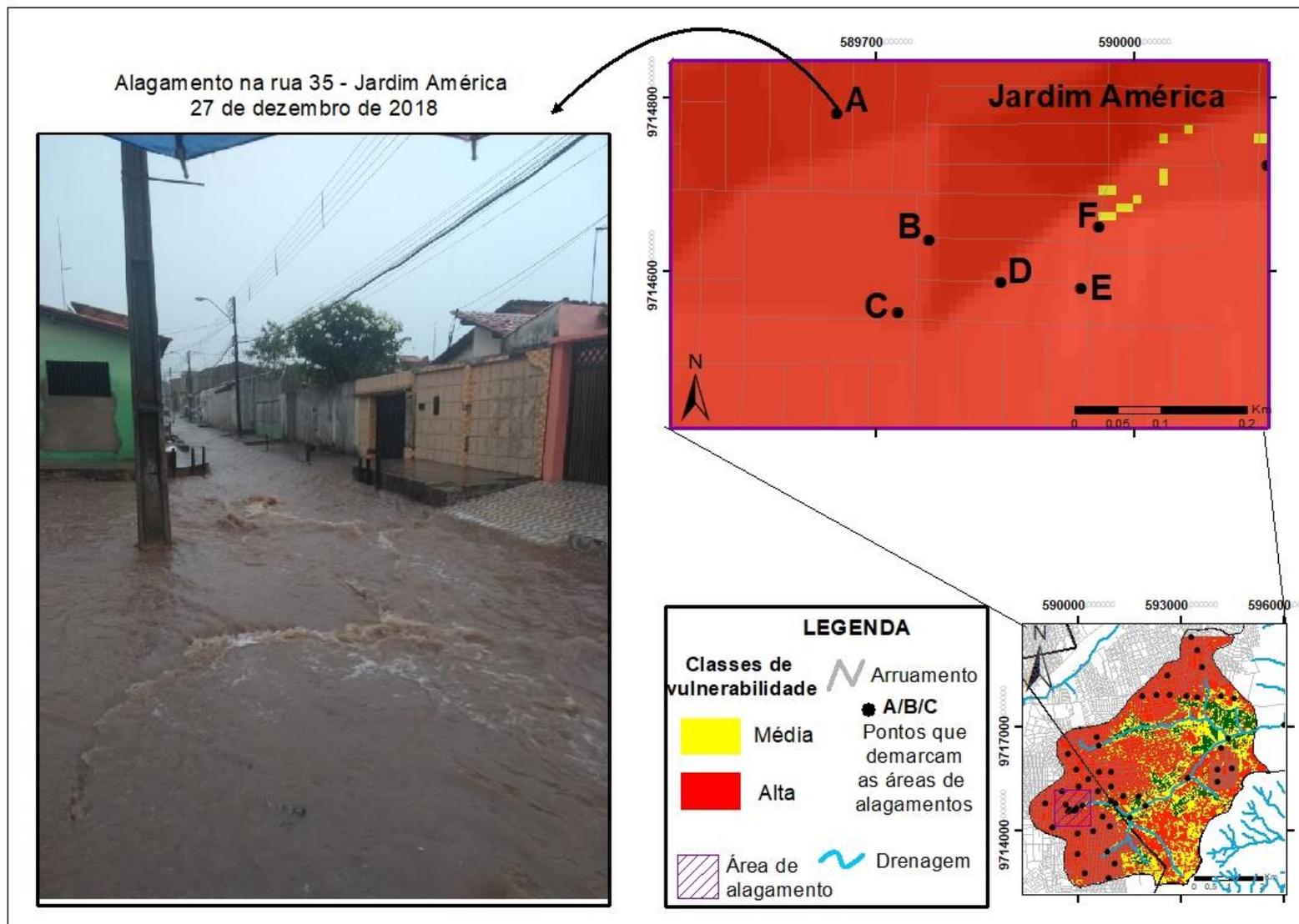
Fonte: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2018>

De acordo com o INMET (2018), a média pluviométrica na Ilha do Maranhão para o mês de dezembro é de aproximadamente 72 mm, porém do dia 1 até as 10 horas do dia 27 de dezembro de 2018 precipitou três vezes mais que a média normal, cerca de 190% acima de média para este mês, um total de 210,4 mm.

De acordo com os dados do referido instituto nos em 2018 caracterizou-se o dezembro mais chuvoso dos últimos 25 quando em 1993 a precipitação média acumulada do referido mês foi de 262,8 mm.

A precipitação ocorrida no dia 15 causou diversos transtornos e no setor 2, no bairro Jardim América as vias ficaram alagadas com ocorrência de enxurradas associadas aos alagamentos bruscos (Mapa 25, p. 194).

Mapa 25 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 2 - bairro Jardim América



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

✚ Setor 3 – Bairro Jardim Tropical I

No setor 3, localizado no bairro Jardim Tropical I, a paisagem é constituída por tabuleiros de 40 a 60 metros, vertentes retilíneas, com declividades inferiores a 12% com uso urbano consolidado, predomínio de área construída do tipo residencial e terrenos impermeabilizados (Figura 56, p. 196).

Apesar de apresentar manchas de áreas permeáveis, tem-se camadas de lateritas que são colocadas durante os períodos eleitorais, o que dificulta o processo de infiltração da água pela compactação do solo, devido às atividades do maquinário utilizado para a terraplenagem.

Neste setor, o sistema de drenagem urbana é inexistente, não há bueiros, galerias, sarjetas ou poços de inspeção; existe apenas uma intervenção no canal principal do rio Santo Antônio que passa a aproximadamente 1 Km das áreas com ocorrência de alagamentos bruscos no setor 3 (Figura 57, p.197).

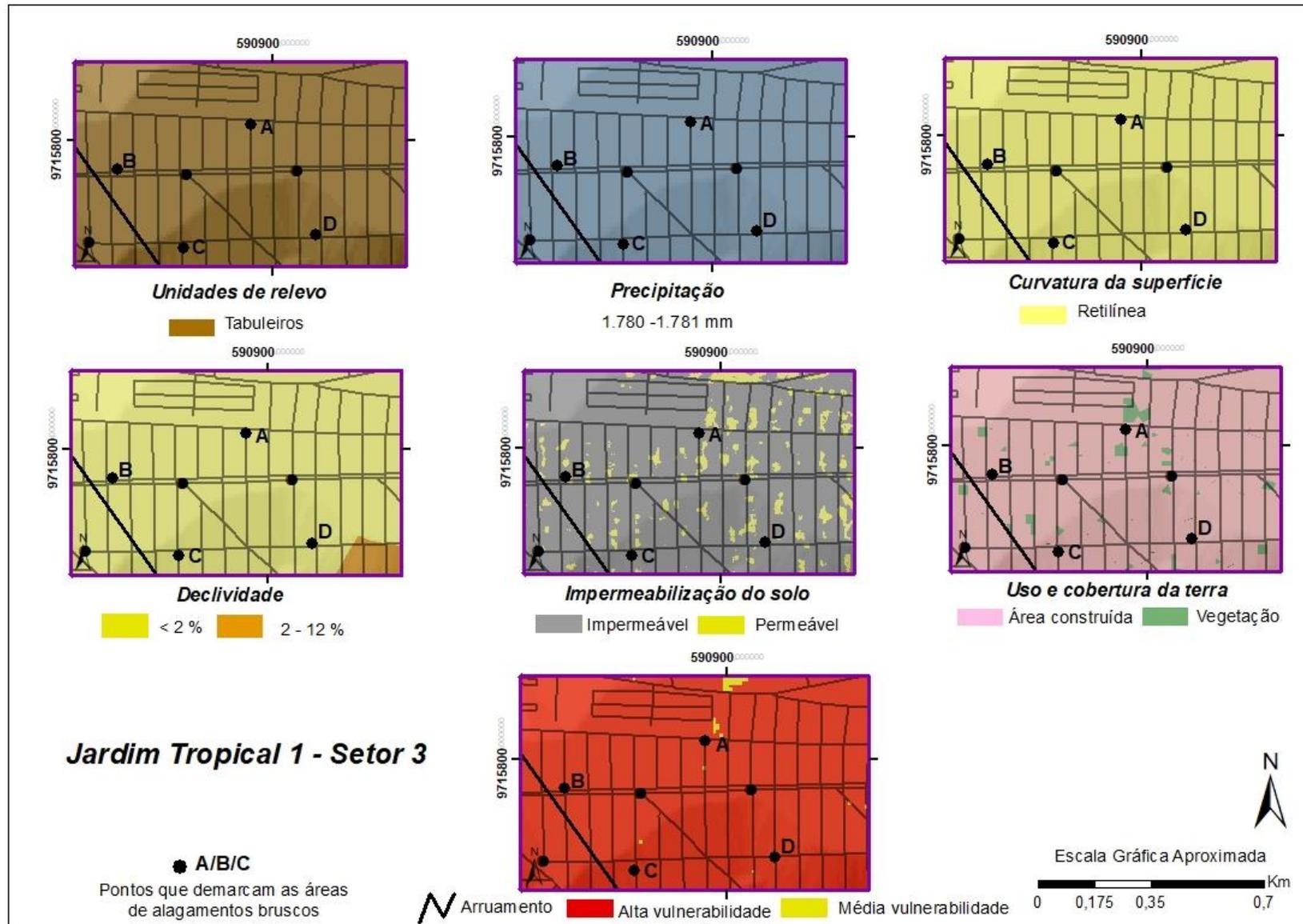
Esta intervenção realizada a partir das técnicas de engenharia promoveu a modificação radical na morfologia do canal principal; porém, como a obra não foi concluída, a população utiliza o canal para depositar resíduos sólidos e materiais diversos.

O canal encontra-se degradado em virtude da deposição de materiais úrbicos e pela contaminação das águas através do lançamento *in natura* dos dejetos líquidos das residências. Na margem esquerda do canal tem-se o processo intenso de erosão marginal e na margem direita tem-se a aggradação de sedimentos transportados durante as precipitações (Figura 58, p. 197).

Em contrapartida, a erosão da margem esquerda constitui-se em um fator de risco de desabamento das casas que se encontram na borda do canal (Figura 59, p. 198) esculturado pelas intervenções antrópicas e processos geomorfológicos atuantes.

Devido à intensidade das chuvas e o conseqüente aumento da vazão no canal principal, a obra de engenharia está cedendo e os blocos de concreto estão sendo transportados no leito fluvial (Figura 60, p.198). A população chama esta obra inacabada de “bueira” e pessoas de diversos bairros circunvizinhos vão até o local para realizarem o descarte de materiais diversos, inclusive peças de móveis como camas, armários e sofás.

Figura 56 - Aspectos da paisagem no setor 3 - bairro Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 57 - Intervenção na morfologia do canal principal do rio Santo Antônio no bairro Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 30.11.2018.

Figura 58 - Processo erosivo na margem direita e acumulação de sedimentos e materiais úrbicos no leito fluvial



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 30.11.2018.

O maquinário utilizado nas intervenções realizadas nas vias promove a esculturação das formas de relevo, moldando áreas de acúmulo e dispersão de águas. Com a morfodinâmica resultante das alterações antrópicas na paisagem, tem-se alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 3 (Mapa 26, p. 199).

Figura 59 - Casas em risco de desabamento na borda do canal fluvial no bairro Jardim Tropical I



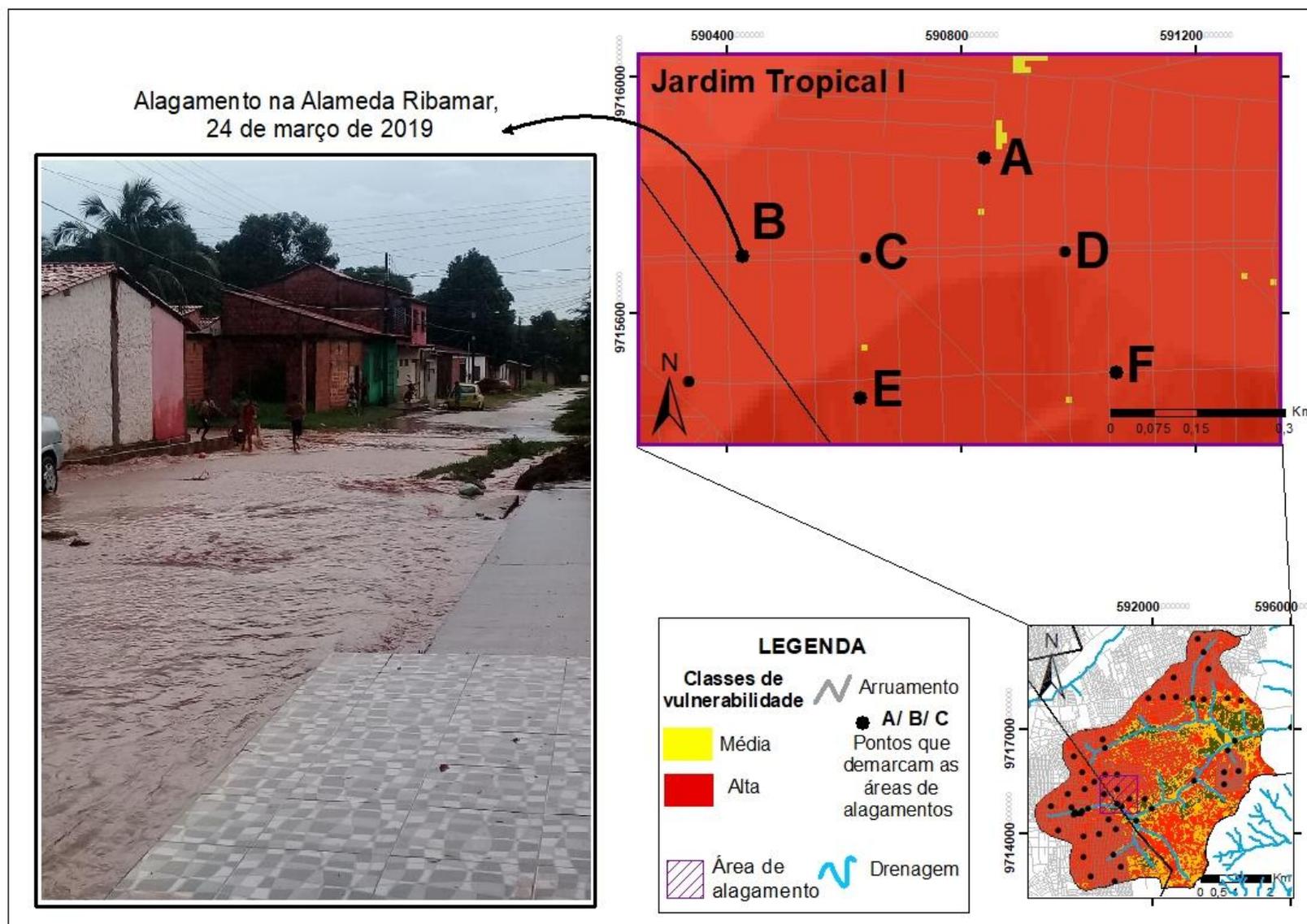
Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 30.11.2018.

Figura 60 - Obra de engenharia cedendo no canal principal do rio Santo Antônio no bairro Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 30.11.2018.

Mapa 26 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 3 - bairro Jardim Tropical 1



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

De acordo com os dados do INMET (2019), no dia 24 de março foi registrado 240 mm precipitados na Ilha do Maranhão, trazendo prejuízo diversos para os moradores da referida ilha e do setor 3 localizado no bairro Jardim Tropical I (Figura 61).

Figura 61 – Reportagem sobre os transtornos causados pela precipitação no dia 24 de março de 2018



Fonte: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2019>

No dia 24 de março de 2019 foi registrado a maior quantidade em mm de precipitação acumulada em 24 horas, o que justificou os desajustes ocorridos em vários locais da ilha. De acordo com os noticiários movimentos gravitacionais de massa ocorrem no bairro do Sacavém e no Centro Histórico de São Luís. Além disso desabamentos de casas e muros ocorreram nos bairros Filipino e Anil e diversos alagamentos por toda a ilha (Figura 62).

Figura 62 – Transtornos no dia 24 de março de 2019: A – Desabamento de muro no bairro Filipino; B – Alagamento gradual no bairro Cohab



Fonte: <https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2019>

Nesta ocasião diversas pessoas tiveram suas residências alagadas no setor 3 no bairro Jardim Tropical I. De maneira geral, neste setor os alagamentos bruscos ocorrem em diversas vias do bairro, sobretudo nas alamedas Arari, Rosário e Balsas. Devido às atividades

realizadas na terraplenagem das vias, a técnica de engenharia utilizada permitiu a esculturação da vertente, deixando a declividade direcionada para a alameda Arari, que recebe as águas pluviais das vias superiores como Alameda Chapadinha, Bosques e Santa Inês (Figura 63).

Figura 63 - Alagamento na alameda Arari no bairro Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 17.03.2018.

O escoamento superficial é realizado de maneira concentrada e acelerada desaguando na Alameda Balsas que já recebe o fluxo pluvial das vias inferiores (Figura 64). O encontro dessas águas produz um volume hídrico ainda maior que é direcionado para a jusante da alameda Rosário (Figura 65, p. 202).

Figura 64 - Pessoas trafegando na rua alagada (Alameda Balsas) no bairro Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 21.06.2016.

Figura 65 - Alagamento na alameda Rosário no bairro Jardim Tropical 1 proveniente do encontro das águas pluviais das alamedas Balsas e Arari



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 21.06.2016.

Na alameda Rosário, a ocorrência de alagamentos bruscos é significativa, pois compromete a circulação dos pedestres e de veículos, porém não foi possível realizar entrevistas com o moradores desta rua⁸⁸ para a coleta de informações referente as perdas sofridas.

No setor 3 situado no bairro Jardim Tropical I, muitas residências adotaram o uso de telas e/ou batentes com o intuito de impedir a entrada do fluxo pluvial; porém ainda assim a água atinge algumas residências, provocando prejuízos relacionadas à perdas de mesas, cadeiras e sofás (Figura 66).

Figura 66 – Casas com telas de proteção para que as águas não adentrem as residências na alameda Balsas, Jardim Tropical I



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 21.06.2016.

⁸⁸ Nesta localidade estão situados os pontos de venda de drogas de uma determinada facção que atua em todo o Estado do Maranhão. Por esta razão, o tráfego de pessoas que não residem nesta rua é monitorado.

Assim como nos setores anteriormente caracterizados, a paisagem deste setor foi alterada o que resultou em uma morfodinâmica mais intensa e instável do ponto de vista dos processos. A esculturação dos compartimentos do relevo bem como as intervenções na drenagem associada à inexistência de sistema de drenagem constituem-se como os fatores deflagradores dos alagamentos bruscos nesse setor.

Setor 4 – Residencial Orquídeas II

No setor 4, localizado no Residencial Orquídeas II, a paisagem é constituída por tabuleiros de 40 a 60 metros e colinas esparsas, as quais estão situadas entre 29 e 39 metros de altitude. As vertentes são predominantemente retilíneas, com declividades inferiores a 2%, com uso urbano consolidado, predomínio de área construída do tipo residencial e terrenos impermeabilizados (Figura 67, p. 204).

Os agentes produtores do espaço urbano escultraram os compartimentos geomorfológicos para a construção do Residencial Orquídeas II. Para a construção deste empreendimento, uma parte do canal fluvial foi aterrado e algumas áreas foram tubuladas, porém são obras ineficientes e inacabadas, não possuindo infraestrutura no residencial.

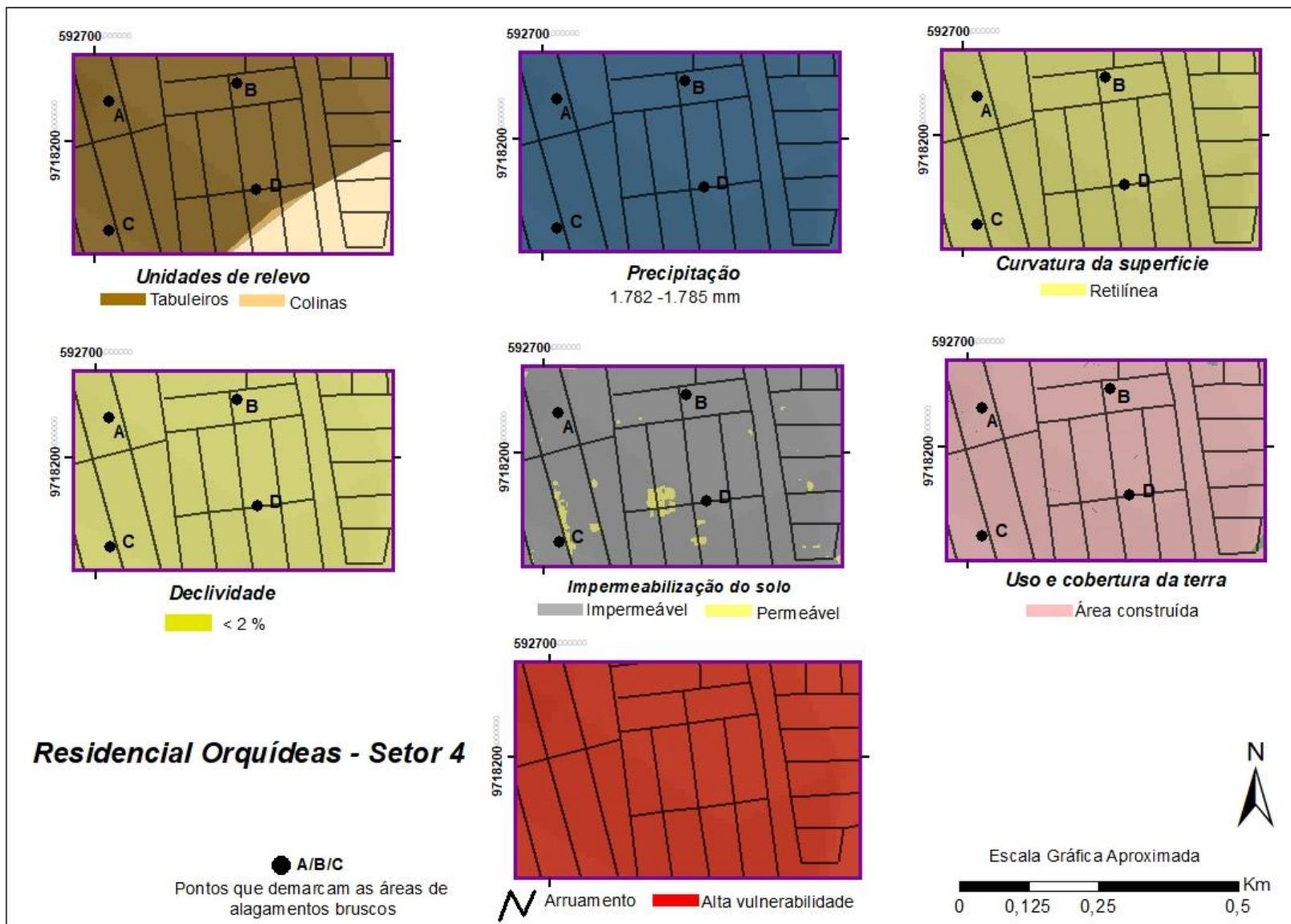
Outra parte do canal que não foi aterrada passou por alterações em sua morfologia através de técnicas de engenharia (Figura 68, p. 205). Esse canal recebe todo o escoamento superficial advindo dos bairros circunvizinhos, como é o caso do Maiobão e Tambaú (Figura 69, p. 205).

Os alagamentos bruscos que ocorrem no setor 4 têm consequências diversas para a população que habita no Residencial Orquídeas II, bem como para os que transitam na MA-201, a qual dá acesso ao residencial.

De acordo com relatos, durante 3 anos (2015 a 2017), uma residência era invadida pelas águas pluviais decorrente dos alagamentos; assim os moradores construíram um muro com a finalidade de impedir a entrada do fluxo pluvial. Porém, o escoamento que ocorria de maneira intensa e concentrada derrubou o muro. Por esta razão, os moradores resolveram abandonar a residência.

Na via de acesso MA-201, o trânsito automobilístico é comprometido com os alagamentos; ocorre a desorganização do trânsito, pois, cada motorista procura a melhor rota a fim de evitar que seu veículo seja danificado pelas águas pluviais (Figura 70, p. 206).

Figura 67 - Aspectos da paisagem no setor 4 – Residencial Orquídeas II



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Figura 68 - Alteração da morfologia do canal fluvial: A – Tubulação exposta realizada no canal de primeira ordem; B – Parte do canal que não foi tubulado, porém alterado com estruturas de concreto



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 19/10 e 30/11 de 2018.

Figura 69 - Canal fluvial com morfologia alterada recebendo o escoamento superficial dos bairros Maiobão, Tambaú no Residencial Orquídeas II



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 27.03.2019.

Figura 70 - Alagamento na MA-201 que dá acesso ao Residencial Orquídea II



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 27.03.2019.

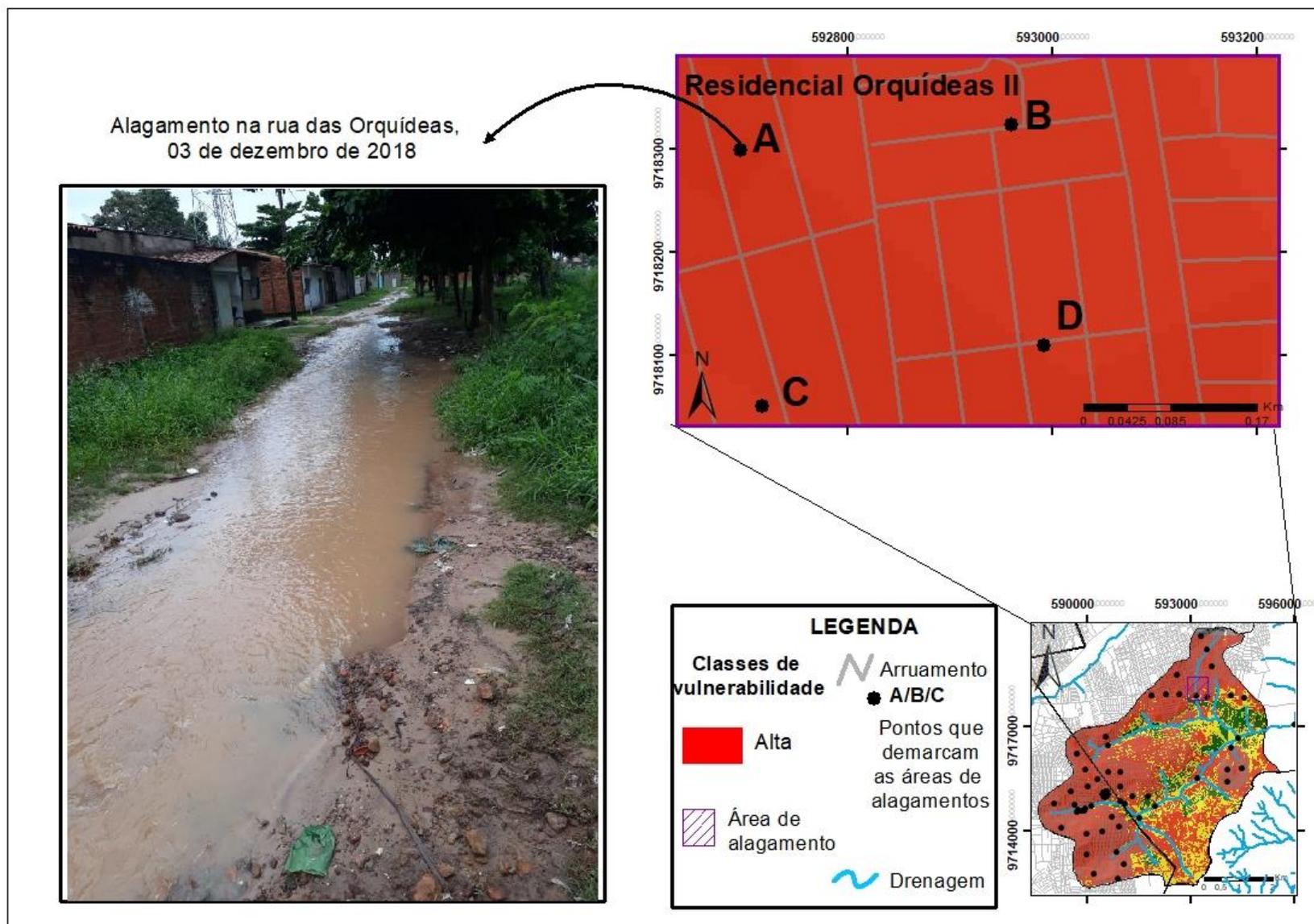
No Residencial Orquídeas II, a vulnerabilidade ambiental a alagamentos é alta (Mapa 27, p. 207), sobretudo pelas alterações da paisagem e ausência de infraestrutura urbana. Não existem componentes superficiais e subsuperficiais do sistema de drenagem urbana o que é preponderante para a ocorrência dos fenômenos aqui estudados (Figura 71).

Figura 71 - Alagamento gradual no Residencial Orquídeas II



Fonte: Própria pesquisa, 2019. Trabalhos de campo em 03.12.2018.

Mapa 27 - Vulnerabilidade ambiental a alagamentos no setor 4 - Residencial Orquídeas II



Fonte: Própria pesquisa, 2019.

Em termos gerais o auto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio é caracterizado predominantemente por alta vulnerabilidade ambiental a alagamentos, à qual é resultante da fragilidade dos aspectos naturais da área em questão associada as intensas transformações da paisagem pelos agentes produtores do espaço urbano, bem como pela ineficácia e ausência de serviços de infraestrutura básica que podem minimizar problemas urbanos como os de origem hidrológica.

Socialmente a população residente no alto curso pode ser caracterizada como de baixa renda, conforme as informações apresentadas no Quadro 12 apontam. As características sociais da população residente também contribuem no entendimento das alterações geomorfológicas ocorridas ao longo do tempo que *faz* na paisagem e na morfodinâmica resultante na área de estudo.

Quadro 12 – Resumo das características sociais da população residente do alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Variável	Situação (%)
Alfabetizados	Mais de 50 % por setor censitário
Rendimento mensal de até um salário mínimo	Aproximadamente 70%
Resíduos em terrenos baldios, canais fluviais, logradouros ou queimam	Aproximadamente 33%
Setores com lixo acumulado nos logradouros	Aproximadamente 6%
Setores não possuem bueiros ou galerias	Mais de 60%
Fossa séptica	Aproximadamente 90%

Fonte: IBGE – CENSO (2010).

Com o intuito de melhor representar as classes de vulnerabilidade ambiental a alagamentos e a morfodinâmica resultante no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio tem-se a síntese deste trabalho no Quadro 13, p. 209.

Quadro 13 - Matriz sintética de correlação dos aspectos da paisagem e vulnerabilidade ambiental aos alagamentos na área de estudo

MORFOLOGIA DO RELEVO	TIPOS DE VERTENTES E DECLIVIDADE	USO E COBERTURA DA TERRA/ IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	ASPECTOS PLUVIOMÉTRICOS	MORFODINÂMICA	VULNERABILIDADE AMBIENTAL
Planícies fluviais (20 a 25 metros)	Vertentes retilíneas, côncavas e convexas Declividade < 12%	Área de vegetação secundária mista com ocorrência de gramíneas e vegetação arbóreo-arbustiva, áreas permeáveis e padrão semiurbano.	Variação de 1.777 a 1785 mm	Domínios de condições morfodinâmicas estáveis devido à concentração de vegetação e ausência de construções urbanas nestes ambientes que precisam ser preservados. Atividade humana reduzida, características do ambiente natural predominantes com baixa fragilidade.	Baixa 7,06%
Colinas esparsas (29 a 39 metros) e bordas de tabuleiros (40 metros)	Vertentes retilíneas Declividade < 6 %	Área construída com urbanização em curso, padrão residencial. Presença de gramíneas e solo exposto, porém com áreas impermeáveis.	Variação de 1.777 a 1785 mm	Domínios de condições morfodinâmicas <i>intergrades</i> devido à ausência de construções. O processo de ocupação é inicial. As alterações humanas são planejadas, levando em consideração os limites naturais. Equilíbrio entre o antrópico e o natural. Características do ambiente natural intermediárias - média fragilidade.	Média 20,10 %
Domínio dos tabuleiros com topos planos (40 a 60 metros) e colinas esparsas (29 a 39 metros)	Vertentes predominantemente retilíneas Declividade < 2 %	Área urbanizada (condomínio MCMV, estradas, áreas construídas consolidadas, comércio, Estrada de Ribamar <i>etc.</i>), ausência de vegetação, áreas predominantemente impermeáveis.	Variação de 1.777 a 1785 mm	Domínios morfodinâmicos instáveis devido ao processo de urbanização intenso, uso inadequado do solo e impermeabilização das vias que facilitam a ocorrência de escoamento superficial. Atividades humanas intensas, com desconfiguração dos sistemas naturais, prevalecendo as atividades humanas com características ambientais favoráveis para a ocorrência de desajustes urbanos – alta fragilidade.	Alta 72,84%

Fonte: França (2018) adaptado de Fushimi (2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em sua gênese, a Ciência Geográfica possui características de integração, embora no decorrer do tempo as necessidades históricas e de compreensão dos elementos proporcionaram a sua dicotomização. Apesar das dificuldades enfrentadas por aqueles que procuram geograficamente realizar estudos integrados, é possível a realização desta análise a partir do olhar geomorfológico urbano.

Dentre as muitas conceituações, a geomorfologia pode ser entendida como a ciência que contribui para o entendimento das formas e funções do relevo, porém com o advento de um subcampo, a geomorfologia passou a incorporar de maneira direta em suas análises o movimento histórico da sociedade, tratando-se da geomorfologia urbana.

A geomorfologia urbana tem se destacado como uma subárea do conhecimento geográfico que traduz a dialética existente entre sociedade-natureza. A partir da apropriação dos compartimentos geomorfológicos pelos agentes produtores do espaço urbano, diversas modificações são realizadas no ambiente, resultando em uma paisagem alterada. Esta, por sua vez, apresenta uma morfodinâmica diferenciada da existente no ambiente natural, com a ocorrência de processos mais intensos e acelerados.

A alteração da morfodinâmica da paisagem por meio do agente exógeno mais dinâmico que existe – o ser humano – promove respostas geomorfológicas diversas que atingem negativamente a população residente nos diferentes compartimentos do relevo.

Sabendo que a ocupação dos compartimentos geomorfológicos é orientada pelos agentes produtores do espaço urbano e que áreas frágeis do ponto de vista ambiental normalmente são ocupadas por pessoas de baixa renda, têm-se uma situação de vulnerabilidade nesses ambientes, a qual pode diferenciar conforme o fenômeno e a localidade.

Partindo das análises realizadas neste trabalho, que procura entender a dinâmica da relação sociedade/natureza através da vulnerabilidade ambiental a alagamentos no alto curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão, é possível pontuar alguns aspectos importantes a respeito desta relação na área de estudo.

O primeiro ponto está relacionado ao processo de apropriação dos compartimentos geomorfológicos e as características sociais da população na área supracitada. O seu processo de ocupação foi iniciado a partir de uma vila conhecida como Tijupá Queimado, a qual não apresentou alterações significativas na paisagem da área de estudo como um todo. Porém com

a instalação do Conjunto Habitacional da Cidade Operária as alterações da paisagem passaram a ocorrer de maneira intensa, acelerada e significativa para o ambiente.

Em virtude da quantidade de serviços oferecidos e do centro comercial que se desenvolveu na Cidade Operária, áreas de ocupação espontânea surgiram ao entorno deste conjunto habitacional.

Bairros como Jardim América, Geniparana e Cidade Olímpica, situados no tabuleiro central de São Luís, possuíram uma dinâmica de apropriação diferenciada devido à forma de organização proposta pelos agentes produtores do espaço urbano, e nas áreas de colinas e planícies, as ocupações espontâneas foram sendo instaladas.

A partir do ano de 2009, através da iniciativa do Governo Federal com o Programa Habitacional Minha Casa Minha Vida, três condomínios foram construídos na área da bacia pertencente ao município de São José de Ribamar. A porção pertencente ao município de São Luís apresenta características mais urbanizadas, sobretudo no que diz respeito a infraestrutura urbana e ao sistema de drenagem.

Os bairros situados na porção pertencente a São José de Ribamar não possuem visibilidade por parte do poder público, e as condições urbanas são precárias. A população da área de estudo, segundo os dados do Censo Demográfico (2010), caracteriza-se predominantemente como baixa renda e questões estruturais urbanas estão comprometidas.

O segundo ponto está relacionado às alterações realizadas na morfodinâmica da paisagem por meio dos agentes produtores do espaço urbano. Estas alterações promoveram a modificação dos processos morfodinâmicos, deixando-os mais intensos e acelerados.

A produção do espaço urbano requer técnicas de engenharia e adequações no ambiente natural que permitam a qualidade de vida dos ocupantes. Quando a paisagem é alterada, os processos são intensificados os quais apresentam, na grande maioria dos casos, respostas geomorfológicas negativas. Este fato ocorreu na área de estudo.

A produção do espaço urbano no alto curso não foi acompanhada de componentes que poderiam manter a qualidade de vida da população, como um sistema de drenagem eficiente. Assim, a população tornou-se vulnerável aos fenômenos hidrometeorológicos ocorrentes, sobretudo os alagamentos.

O terceiro ponto a ser ressaltado está associado à vulnerabilidade ambiental a alagamentos. As características geoambientais da localidade, associadas ao histórico de ocupação, perfil social da população e morfodinâmica resultante das alterações ambientais geradas culminou na vulnerabilidade ambiental a alagamentos na área de estudo.

A classe de alta vulnerabilidade é predominante na área de estudo, com ocorrência de alagamentos bruscos, onde a população anualmente apresenta perdas materiais, como móveis e eletrodomésticos; e imateriais, como doenças associadas a água parada e contaminada.

A partir da análise da vulnerabilidade, nota-se que a relação dialética entre sociedade e natureza é constante, intensa e recíproca. À medida que as alterações na paisagem acontecem, respostas geomorfológicas são lançadas sobre a sociedade, sendo o ser humano a própria vítima e agressor do meio em que habita.

Com base no trabalho desenvolvido, entende-se que a dinâmica entre sociedade e natureza associada à produção do espaço urbano é responsável pela esculturação das formas de relevo e pelas respostas que dele advém.

Nesta pesquisa foram identificadas as alterações morfológicas e funcionais realizadas nos compartimentos do relevo, bem como as respostas geomorfológicas oriundas da morfodinâmica resultante, o que culminou em uma população ambientalmente vulnerável aos eventos de alagamentos na área de estudo.

No intuito de concluir este trabalho, destaca-se ao fim desta dissertação a dificuldade de realizar trabalhos sob a luz da integralidade geográfica, uma vez que o processo dicotomizador no campo das ideias é muito intenso.

Embora, no ambiente os processos naturais e sociais ocorram de maneira consubstanciada, academicamente ainda existe uma barreira quanto a tentativa de integração das geografias ditas físicas e humanas.

Desta forma, ressalta-se a importância da continuidade de estudos integrados, sobretudo na Ilha do Maranhão, buscando a abordagem das inter-relações sociais e naturais, sobretudo a expansão do conhecimento geomorfológico urbano e a inserção de mais profissionais que objetivem trabalhar sob esta perspectiva.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Ano 3, n. 5, 1960, p. 35-40.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. Rio de Janeiro: FIBGE, 2006. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.fase.org.br/projetos/clientes/noar/noar/UserFiles/17/File/VulnerabilidadeAmbPr ocRelAcselrad.pdf>>. Acesso em: 22 fev. 2011.
- ALMEIDA, F. F. M. de. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM. 1967. 38 p. il. (Boletim, 241).
- ALMEIDA, H. G. (Org.) **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, Folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.
- ALMEIDA, L. Q. Vulnerabilidade social aos perigos ambientais. **Revista da ANPEGE**, v. 06, p. 151-176, 2010a.
- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – Rio Claro, 2010b.
- ANA. **Planejamento, manejo e gestão de bacias hidrográficas**. Brasília: ANA, 2013.
- ANDERSON, J. R. et al. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. Tradução de Harold Strang. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9).
- ANDRADE, G. O. **Itamaracá: contribuição para o estudo geomorfológico da costa pernambucana**. Recife: Imprensa Oficial, 1995.
- AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017.
- ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENSO e do dipolo do Atlântico no nordeste do Brasil. **Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines**. Lima, v. 27, num. 3, 1998. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/126/12627346.pdf>>. Acesso em 12 set. 2018.
- ARAÚJO, R. S. **Modificações no planejamento urbanístico**. Ronaldo de Sousa Araújo – São Paulo: NOBEL, 2009.
- ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís-MA. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (Org.). **Os Climas das Cidades Brasileiras**. Presidente Prudente: UDUNESP, 2002. p. 21- 41.
- BARROS, J. D. A. **Os conceitos de modo de produção e determinismo – revisitando as diversas discussões no âmbito do materialismo histórico**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321025524>. Acesso em 22 de agos de 2019.

- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Brasília: SAE- MMA; 1996.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, v. 13, IG-USP, 2004, p. 1-27.
- BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. Bertrand, Rio de Janeiro, p. 17-41, 2014.
- BESSA, K. Diferenciação espacial como elemento próprio à natureza da geografia. **Mercator**, Fortaleza, v. 9, n. 20, p. 43-56, 2011.
- BIE, C. A. J. M. de; LEEUWEN, J. A. V.; ZUIDEMA, P. A. **The land use database: a knowledge-based software program for structured storage and retrieval of user-defined land use data sets: user's reference manual**. Version 1.04 for MS-DOS. [S.l.]: ITC: FAO: UNEP: WAU, 1996. Disponível em: <<http://ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/Luse/Manual/chap2.pdf>>. Acesso em: 28 agost. 2018.
- BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G.O. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras)**. Arq. Ins. Ciênc. Terra, Recife, n. 2, p. 2-14, 1964.
- BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2011, p. 71-115.
- BOUDOU, C. J. **A História da Geografia**. Disponível em: http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/13524211052012Topicos_Especiais_em_Geografia_Aula_01.pdf Acesso em 20 de agosto de 2018.
- BOULOMYTIS, V. T.; SANTANA, M. F.; COSTA, L. S. D.; SANTOS, A. P. Metodologia de apoio aos gestores urbanos para o mapeamento de inundações: caso da bacia do rio Juqueriquerê, Caraguatatuba, SP. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia. v. 16, n. 53, p. 164-175, mar. 2015.
- BURNETT, F. L. **São Luís por um triz: escritos urbanos e regionais**. São Luís: EDUEMA, 2012.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Legislação: Leis Ordinárias**. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/secretarias-nacionais/programas-urbanos/legislacao/regularizacao-fundiar/legislacao-federal/leis-federais/6766.pdf/view>. Acesso em: 28/ agosto /2018.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. . Disponível em: <https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/91627/codigo>. Acesso em: 28 agos. 2018.
- BRAZ, R. L.; RIBEIRO, C. A.D., FERREIRA, D. S.; CECÍLIO, R. A. Uso de séries históricas e técnicas de SIG no estudo da distribuição temporal e espacial da pluviosidade na Bacia Barra Seca localizada ao norte do Estado do Espírito Santo. **In: XI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. Anais...**, v1, São José dos Campos – SP. Disponível: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2009/anais/>; acessado em: 15/10/2018.

- CANNON, T.; TWIGG, J.; ROWELL, J. **Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters**. Department for International Development, 2003.
- CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HUBNER, C.; PORTO, M. F. Vulnerabilidade social e risco ambiental: uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 12, p. 2695-2704, 2009.
- CARVALHO, G. L. Região: a evolução de uma categoria de análise da geografia. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v.22, n. 1, p. 135-153, 2002.
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.
- CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério de Integração Nacional, 2007.
- CASTRO, C. M.; SILVA, T. M. Apropriação do relevo e paisagens tecnogênicas: discussões acerca do ensino de geomorfologia com base em exemplos cariocas e fluminenses. **Revista Terra e Didática**, n. 2, v. 10, p. 81-90, 2014.
- CAVALCANTE, Z. V.; SILVA, M.L.S. A importância da Revolução Industrial no mundo da tecnologia. *In.*: VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar, 2011, Maringá. **Anais [...]** Maringá: Editora CESUMAR, 2011.
- COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas: teorias, conceitos e métodos de pesquisa. *In.*: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018, p. 19-45.
- CORRÊIA, R. L. Espaço: um conceito-chave da Geografia. *In.*: CASTRO, I. E.; GOMES, P. C. C.; CORRÊA, R. L. **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, pag. 15-48.
- CORRÊA, R. L. **O Espaço urbano**. São Paulo: Ática, 1989.
- COSTA, T. C. C.; UZEDA, M. C.; FIDALGO, E. C. C.; LUMBRERAS, J. F.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P. Vulnerabilidade ambiental em sub-bacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda do solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra. Florianópolis. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Santa Catarina, p. 2493-2500, 2007.
- COSTA, C. M. **Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Dissertação** (Mestrado em Geografia). São Luís: UEMA, 2018.
- CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A. M.; SANCHEZ, M. C. A cartografia do relevo: uma análise comparativa de técnicas para a gestão ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 4, n 1º, p. 01-09, 2003.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.
- CUTTER, S. L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, p. 59-69, 2011.
- CLAVAL, Paul. **História da geografia**. Lisboa (Portugal), Ed. aplicado Edições 70, 2006.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; HERNANDES FILHO, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

- DAMIÃO, A. P. Espaço urbano, produção do espaço, segregação socioespacial: o espaço urbano capitalista e o caso de Marília/SP. **Revista do Laboratório de Estudos da Violência da UNESP/Marília - LEVIS**, n. 14, 2014.
- DANTAS, A.; MEDEIROS, T. H. L. **Introdução a Ciência Geográfica**. Natal: EDUFRN, 2011.
- DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: DEMK, J (Ed.) **Progress mad in geomorphology mapping**. Brno, IGU Commission on Applied Geomorphology, p. 3672, 1967.
- DICIONÁRIO AURÉLIO BÁSICO DA LÍNGUA PORTUGUESA**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira S/A, 1988.
- DNIT -Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Álbum de projetos – **Tipos de dispositivos de drenagem**. Rio de Janeiro, 2006.
- ERHART, H. A teoria Bio-Resistásica e os problemas biogeográficos e paleobiológicos. **Notícias Geomorfológicas**, Ano VI, nº 11, Campinas, p.51-58, 1966.
- EL-ROBRINI, M.; MARQUES JÚNIOR, V.; SILVA, M.A.M.A.; EL-ROBRINI, M.H.S.; FEITOSA, A.C., TAROUÇO, J.E.F.; SANTOS, J.H.S.; VIANA, J.R. Maranhão. In: MUEHE, D. (Org.). **Erosão e progradação do litoral brasileiro: Maranhão**. Brasília: MMA. 2006. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=publicacao.publicacoesPorSecretaria&idEstrutura=78>> Acesso em 09 jul. 2018.
- FIGUEIRÊDO, M. C. B.; TEIXEIRA, A. S.; ARAUJO, L. F. P.; ROSA, M. F.; PAULINO, W. D.; MOTA, S.; ARAUJO, J. C. Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização. Rio de Janeiro: **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 12, n. 4, p. 399-409, 2007.
- FERREIRA, M. J. **Impactos ambientais recentes na área da bacia do rio Santo Antônio, Paço do Lumiar- MA**. Monografia (Graduação em Geografia), Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2003.
- FERREIRA, A. J. A. **A produção do espaço urbano em São Luís do Maranhão: passado e presente há futuro?** São Luís: EDUFMA, 2014.
- FIGUEIREDO, M. C. B.; VIEIRA, V. P. P. B; MOTA, S.; ROSA, M. F.; MIRANDA, S. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental**. São Paulo: Blucher, 2017.
- FOREST-GIS – Classificação de imagens no ArcGis 10.2. Disponível em <<http://www.forest-gis.com>> (2017) Acesso em 29 de Jul de 2018.
- FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Sistemas meteorológicos causadores de chuva na região nordeste do Brasil**. Disponível em <https://goo.gl/cRjcSq>. Acesso em 15 de Agos de 2019.
- FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. 2011. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista –Presidente Prudente, 2012.
- FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008.

FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D. da. Alterações geomorfológicas no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. *In.*: SANTOS, L. C. A.; SEABRA, G. F.; CASTRO, C. E. (Org.) **Geografia: trabalho, sociedade e meio ambiente**. São Luís: UEMA, 2018, p. 92 – 109.

FREITAS, C. A. L. L.; VIEIRA NETO, A. **O processo de valorização do solo urbano: formação e apropriação da mais-valia espacial**. Disponível em: <http://www.unicamp.br/cemarx/ANAIS%20IV%20COLOQUIO/comunica%E7%F5es/GT2/gt2m1c2.pdf>. Acesso em 13 de dezembro de 2018.

GADOTTI, M. A dialética: concepção e método. *In.*: **Concepção Dialética da Educação**. 7 ed. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1990. p. 15-38.

GAL, T. B.; MANES, A.; BITAN, A.; ALPERT, P. Spatial and Temporal Changes in Rainfall Frequency Distribution Patterns in Israel. **Theoretical and Applied Climatology**. 61, 1998; p. 177-190.

GERALDINO, C. F. G. **A questão da geografia na "Origem das Espécies" de Charles Darwin**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências - Universidade Estadual Paulista, 2016.

GERASIMOV, I. P.; MESCHERIKOV, J.A. Morphostructure. **The Encyclopedia of Geomorphology**. Encyclopedia of Earth Sciences, v. III, Fairbr Fairbridge, R.W. ed., Dowden, Hulchinson & Koss Inc., Pennsylvania, 1968. p. 731-732.

GEORGE, P. L'ére des techniques: constructions on destructions. PUF: Paris, 1974.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Mapeamento de vulnerabilidade no município de rio negrinho – SC: uma proposta metodológica. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 12, n. 20, p. 205-221, 2011.

GONÇALVES, V. P. **Os (Des) caminhos do Meio Ambiente**. 14^a ed. São Paulo: Contexto, 2006.

GOOGLE EARTH. Acesso em: 30 set. 2019.

GOOGLE. Acesso em: 30 set. 2018.

GUERRA, A. T. & GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. Bertrand, Rio de Janeiro, 2001.

GUERRA, A. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

GRIGIO, A. M. **Aplicação de sensoriamento remoto e sistema de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do município de Guamaré (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. 222 p. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HASTENRATH, S.; LAMB, P. Some aspects of circulation and climate over the eastern equatorial Atlantic. **Monthly Weather Review**, v. 105, p.1019-1023, 1977.

HEYMANN, Y. **Corine land cover technical guide**. Colaboração de Chris Steenmans, Guy Croisille e Michel Bossard. Luxembourg: European Commission, 1994. 136 p.

HILL, A. A.; CUTTER, S. L. Methods for Determining Disaster Proneness. *In.*: CUTTER, S. L. (Ed). **American Hazardscapes: the regionalization of hazards and disasters**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, p. 13-36, 2001.

IBGE. **Manual técnico de uso da terra**. 2^a ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em 28 agos. 2018.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed. Manuais Técnicos em Geociências: Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE. **Censo demográfico 2010**: Agregados por setores censitários. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: ago. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Tempo. Gráficos. 2018a. Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Glossário. 2018b. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=glossario#O>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

IGAWA, T. K.; MACIEL, M. N. M. Vulnerabilidade natural à perda de solo na bacia hidrográfica do rio Marapanim, nordeste paraense. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.15, n. 27, p. 167-180, 2018.

ISDR. **Visions of risk**: a review of international indicators of disaster risk and its management. London: InterAgency Task force on Disaster Reduction – Working Group 3, 73 p. 2004.

JÁCOME, J. F. P. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação de águas subterrâneas**: Estudo de caso em região de Juiz de Fora – MG. 2016. 56 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Faculdade de Engenharia - Universidade Federal de Juiz de Fora – Minas Gerais, 2016.

JORGE, M. C. O Geomorfologia urbana: conceitos, métodos e teorias. In: GUERRA, A. T. (Org.). **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 117 - 145, 2011.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erder**. Gotha: Verlag Justus Perther. 1928.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the subtropical South Atlantic. **Tellus**, v.33, p.538-551, 1981.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P.; ATIQUÉ, G.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Ambiente e Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.7, n. 2, p. 277-290, 2012.

LEFEBVRE, H. **O Pensamento marxista e a cidade**. Lisboa: Ulisseia, 1972.

LEFEBVRE, H. **O Direito à cidade**. São Paulo: Moraes, 1991.

MACEDO, L. A. A. de. **A Urbanização da Ilha de São Luís e seus impactos ambientais nos recursos hídricos**. São Luís: EDUEMA, 2011.

MACHADO, L. E. G. LIMA, C. V. Mapeamento geomorfológico da bacia do rio Água Limpa (GO) com base em parâmetros morfométricos e morfográficos. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n. 3, p. 79-109, dez. 2013.

MARANHÃO. **Estudo de geomorfologia litorânea**. Macrozoneamento do Golfão Maranhense. Diagnóstico Ambiental da Microregião da Aglomeração Urbana de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário. São Luís: Sema/MMA/PNMA, 1998a.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. As dimensões da vulnerabilidade. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006.

- MARTINS, C. B. Em defesa do conceito de sociedade. Resenha do livro Anthony Elliot & Bryan Turner. On society. Cambridge, Polity Press, 2012. 196 páginas. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbcsoc/v28n82/v28n82a14.pdf> Acesso em 30 de Agos de 2019.
- MARX, K. **Formações econômicas pré-capitalistas**. 4ª edição, Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1985.
- MENEZES, R. H. N. **Relação entre a precipitação no NEB e as anomalias de temperatura da superfície do mar dos Oceanos Atlântico e Pacífico tropicais**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1995.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.
- MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de mophostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, n. 423, v. 77, set./out. 1968, p. 539-552.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2002.
- MORAES, A. C. R. de. **Geografia: pequena história crítica**. São Paulo, 16 ° ed., Hucitec, 1998.
- MORAES, A. P. Dimensionamento da microdrenagem PAS/SEMASA – Santo André, 2016. Disponível em: <http://www.asemae.org.br/noticias/item/download/> Acesso em 28 de Agos de 2019.
- MORAIS, M. S. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA**. 2018. 155 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão – São Luís, 2018.
- MORAIS, M. D. C.; GAN, M. A. **Vórtices ciclônicos em altos níveis sobre o nordeste do Brasil**. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC/ INPE, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.climanalise.cptec.inpe.br.pdf>. Acesso em 05 de Agos de 2019.
- MOREIRA, R. **O que é geografia**. São Paulo: Brasiliense, 1981.
- MORMUL, N. M.; ROCHA, M. M. Breves considerações acerca do pensamento geográfico: elementos para análise. **Revista Geografia, Ensino e Pesquisa** (Santa Maria – RS), v.17, n. 3, 64-78, 2013.
- NASCIMENTO, I. C. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013.
- NUGEO. **Informações sobre clima**. São Luís: UEMA, 2019.
- NUNES; J. O. R., FUSHIMI, M. **Caracterização dos processos erosivos lineares das áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP**. In: 14 Encuentro de Geógrafos de América Latina (EGAL), 2013, Lima. 14 EGAL, 2013.
- NUNES, J. O. R., NETO, J. L. S. A Produção do Espaço Urbano e o Destino dos Resíduos Sólidos. **Caderno Prudentino de Geografia** (CPG), Presidente Prudente, n 24, 2002.
- NUNES, J. O. R. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para a construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia UNESP: Presidente Prudente.

- NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais: abrangência América do Sul.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.
- PELOGGIA, A. U. G. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo.** São Paulo: Xamã, 1998.
- OLIVEIRA, A. M. S. Depósitos tecnogênicos associados à erosão atual. In.: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, Salvador, *Anais [...] ABGE*, v. I, p. 411-415, 1990.
- OLIVEIRA, J. R. T. Variabilidade pluviométrica decendial para a região Sudeste do Estado de Mato Grosso. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. *Anais...*, v 1. Cuiabá- MT, 2007; p. 1-12.
- OLIVEIRA, E. L. A., ROBAIMA, L. E. S., RECKZIEGEL, B. W. **Modificações antropogênicas nos canais de drenagem em área urbana na bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria – RS.** V Simpósio Nacional de Geomorfologia. I Encontro SulAmericano de Geomorfologia UFSM RS, 2004.
- PASSOS, M. M. dos. **A raia divisória: geossistema, paisagem e eco-história.** Maringá: Eduem, 2008.
- PEDRO, L. C. **Ambiente e apropriação dos compartimentos geomorfológicos do Conjunto Habitacional Jardim Humberto Salvador e Condomínio Fechado Damha – Presidente Prudente/SP.** 2008. 153 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia.** Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
- PEREIRA, E. D. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do solo e do aquífero do reservatório Batatã – São Luís (MA).** Tese (Doutorado) Rio Claro: UNESP, 2006.
- PÉREZ, M. A. P. **Caracterização do aporte atmosférico das principais substâncias inorgânicas solúveis na lagoa do Caçó- norte do Maranhão.** Dissertação (Mestrado em Geoquímica Ambiental) – Niterói: UFF. 2003.
- PINHEIRO, J. M. Dinâmica climática da Ilha do Maranhão. In: FARIAS FILHO, M. S.; CELERI, M. J. (Org.). **Geografia da Ilha do Maranhão.** São Luís, MA: EDUFMA, 2015, p. 28-36.
- PINHEIRO, J. M. Distribuição espaço-temporal da pluviosidade na Ilha do Maranhão no ano de 2016. **Inter-Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, Grajaú, v.3, n.8. abr. 2017.
- POLETTE, M. Paisagem: uma reflexão sobre um amplo conceito. **Revista Visão e Ação.** Itajaí, Universidade do Vale do Itajaí, ano 2 - n.3 - p.83-94 abr/set -1999. Disponível em: <<https://www6.univali.br/seer/index.php/rtva/article/>>. Acesso em: 20 setembro. 2017.
- REIS, J. S. **Características dinâmicas e termodinâmicas dos vórtices ciclônicos de altos níveis no Nordeste do Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2018.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, p. 288-294, 1993.
- RIBEIRO, L. C. Q. **Vulnerabilidade socioambiental das regiões metropolitanas brasileiras.** Rio de Janeiro: Letra Capital, 2009.

RODRIGUES, T. L. N.; ARAÚJO, C. C.; CAMOZZATO, E.; RAMGRABI, G. E. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. São Luís. Folha SA.23-Z-A, Cururupe. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.

RODRIGUEZ, J. V. Vulnerabilidad y grupos vulnerables: un marco de referência conceptual mirando a los jóvenes. Serie Población y desarrollo, Santiago - Chile, n.7. CEPAL/CELADE. 2001.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoeecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 2 ed. Fortaleza: UFC, 2007.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 6. FFLCH-USP, 1992, p. 17-29.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIA-Rimas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 29-36.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 4 ed. São Paulo: Contexto, 1997.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, FFLCH/IPT/ FAPESP, 64 p. 1997.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M. Algumas técnicas de pesquisa em geomorfologia. In: VENTURI, I. A. B. **Praticando geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, p. 69-84.

ROVANI, F. F. M.; VIEIRA, M. Vulnerabilidade natural do solo de Silveira Martins-RS. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 2, p. 151-160, 2016.

SAITO, S. M. Desastres naturais e geotecnologias – vulnerabilidade – **Caderno Didático** nº6. INPE: Santa Maria, 2011.

SANDRONI, P. **Novíssimo dicionário de economia**. 5^a ed., São Paulo: Best Seller, 2000.

SANTOS, M. O período técnico-científico e os estudos geográficos. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 4, p.15-20, 1985.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado**: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. São Paulo: Hucitec, 1996.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**: técnica, e tempo/ razão e emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, J. H. S. dos. **Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos**: um tratamento espacial. Tese (Doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ, 2008.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do Córrego Carioca, Córrego do Bação e Ribeirão Carioca na região do alto Rio das Velhas-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 1, p. 65-73, 2008.

SANTOS, E. R.; SANTOS, K. R. Geomorfologia e inundações urbanas: o caso da bacia hidrográfica do córrego Cesários em Anápolis (GO). In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE

- GEOMORFOLOGIA, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 2014. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2014/trabalhos/6/6-201-1215.html>. Acesso em: 29 nov. 2017.
- SILVA, G. H.; ARAUJO, S. I. Gerenciamento de derrames de petróleo: sensibilidade ambiental x suscetibilidade ambiental x vulnerabilidade ambiental. In: II ENCOGERCO. **Anais...**, nov. 1994, Salvador.
- SILVA, Q. D. da. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado) Presidente Prudente: UNESP, 2012.
- SILVA, P. R. P. **UM OLHAR SOBRE CENTRALIDADE E URBANIDADE: Bairro da Cidade Operária, São Luís, MA**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual do Maranhão – São Luís, 2016.
- SILVA NETO, J. C. A. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do Rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. **Revista Geografia** (Londrina), v. 22, n 1, p. 05-25, 2013.
- SIMÕES, M.; BECKER, B.; EGLER, C.; MIRANDA, M. **Metodologia para elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico em áreas com grande influência antrópica**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 1999. Disponível em: <http://www.laget.igeo.ufrj.br/egler/pdf/maggie.pdf>.
- SOARES, F. S. A. **Cidade Olímpica: a memória da luta pela terra urbana**. Monografia (Graduação em História) – Universidade Estadual do Maranhão – São Luís, 2008.
- SORRE, M. La notion de genre de viet et as valeur actuelle. **Annales de Géographie**. 1948, n. 306, p. 97-108.
- SOUSA, S. B.; **Uso da Água de Chuva: uma alternativa para enfrentar a escassez de água na Ilha do Maranhão - MA**. In: XVIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2009.
- SOUZA, G. F.; SANTOS, K. R.; CARVALHO, L. A.; SILVA, L. F. Vulnerabilidade natural da paisagem em função das áreas de plantio de cana-de-açúcar. **Revista Geografia** (Londrina), Londrina, v. 19, n. 3, p. 51-65, 2010.
- SOUZA, F. P., SILVA, J. A. F. Estudo de Ocupação Espontânea na Lagoa do Vigário, no Município de Campos dos Goytacazes - RJ, propostas mitigadoras e amparo legal – **Boletim do observatório Alberto Ribeiro Lamego**, V. 3, nº2 (2009).
- SUERTEGARAY, D. M. A. e NUNES, J. O. R. A natureza da geografia física na geografia, In: **Terra Livre**, 17: Paradigmas da Geografia. Parte II. São Paulo: AGB, 2001.
- SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. **Rev. Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, Universidad de Barcelona, n. 93, 2001.
- SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A. Uma evolução da plataforma sul-americana no Brasil e seus principais minerais. - In: SCHOBENHAUS, C., CAMPOS, D. A, DERZE, G.R.; ASMUS, H. E (Coord.): **Geologia do Brasil**, Ministério das Minas e Energia - Departamento Nacional de Produção Mineral, Brasília, p. 9-53, 1984.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 923-938, 1952.
- STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. New York: Ed. Wiley, 1960.

- TABARIN, C.S. Agentes produtores do espaço urbano e dinâmica urbana no município de São João da Boa Vista (SP). **Revista Paisagem, Imagens e Imaginários**, Universidade Estadual de Goiás, v. 7, n. 2, 2017.
- TAGLIANI, C. R. A. Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um sistema geográfico de informações. Belo Horizonte. **Anais... XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Minas Gerais: SBSR, 2003. Disponível em: <http://www.fatorgis.com.br>. Acesso em Outubro de 2018.
- TAYLOR, A.; BUTTERFIELD, R. 2011. Vulnerability definitions. **We Adapt: Collaborating on Climate Adaptation**. Disponível em [http://weadapt.org/knowledge-base/vulnerability/Vulnerability definitions](http://weadapt.org/knowledge-base/vulnerability/Vulnerability%20definitions). Acessado em 01 out. 2018.
- TER-STEPANIAN, G. **Beginning of the tecnogene**. Bull. Of the Intern. Assoc. of Engineering Geology, Paris, n.8, p. 133-142.
- TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Org.) **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009, p. 11-23.
- TUAN, Yi-Fu. **Espaço e lugar: a perspectiva da experiência**. São Paulo: Difel, 1982.
- TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. DE. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 428 p., 2005. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- TROPPEMAIR, H.; M. H. GALINA. Geossistemas. **Revista Mercator**, ano 05, número 10. Fortaleza: UFC, 2006, p. 79-89. Disponível em: < <http://www.mercator.ufc.br> >. Acesso em 22 abril. 2018.
- UFMA. **Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental da Refinaria Premium I**. V. 2. São Luís: UFMA, 2009.
- VALERIANO, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Versão Digital 2. Recife, E-book, 2006.
- VEIGA JÚNIOR, J. P. (Org.) **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luís NE/SE, Folhas SA.23-X e SA.23-Z. Estados do Maranhão e Piauí. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.
- VERSTAPEN, H.T.; ZUIDAM, R.A. van (1975) **ITC System of geomorphological survey**. Netherlands, *Manuel ITC Textbook*, Vol. VII, Chapter VII.3.
- VEYRET, Y.; RICHEMOND, N. M. Definições e vulnerabilidades do risco. *In.*: VEYRET, Y (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2ª ed., 2013.
- VIANA, J. D. V. **Elaboração de imagem**. 2019.
- WATANABE, R. M. Drenagem Urbana. 2010. Disponível em: <http://www.ebanataw.com.br/drenagem/drenagem.php>. Acesso em: 05 de setembro de 2018.

ZANELLA, M.E; DANTAS, E. W. C.; OLÍMPIO, J. L. S. A vulnerabilidade natural e ambiental do município de Fortaleza/CE. **Revista Boletim Goiano**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 13-27, 2011.

APÊNDICE A

ROTEIRO DE ENTREVISTA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE EDUCAÇÃO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN
CURSO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO
ESPAÇO – PPGeo
DISCENTE: DANYELLA VALE BARROS FRANÇA

**ROTEIRO DE ENTREVISTA APLICADO AOS MORADORES DAS ÁREAS
ALAGÁVEIS**

ENTREVISTADOR: _____

DATA/ HORÁRIO: _____

MORADOR/ENTREVISTADO: _____

ENDEREÇO: _____

HISTÓRICO E SANEAMENTO BÁSICO

1. Há quanto tempo reside no local?
2. Como iniciou o processo de ocupação do bairro?
3. Qual a sua ocupação (doméstica (o), desempregado, trabalha, estuda)?
4. Quais as principais preocupações durante o período chuvoso?
5. O que você faz com o lixo doméstico?
6. A residência possui água encanada, rede de esgoto, fossa séptica?

ALAGAMENTOS, PREJUÍZOS E SAÚDE

7. Durante o período chuvoso ocorrem alagamentos nesta área?
8. Os alagamentos atingem as residências?
9. Com que frequência ocorrem alagamentos nesta localidade?
10. Já perdeu bens materiais devido a ocorrência de alagamentos? Qual a maior perda?
11. Você ou alguém que conheça já adquiriu doenças relacionadas a água acumulada (leptospirose, zica vírus, chikungunya, dengue, etc).
12. Qual a sua opinião quanto a solução do problema de alagamentos nesta área?