



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CECEN**  
**DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA**  
**CURSO DE GEOGRAFIA**

**THAÍS DA SILVA RODRIGUES**

**DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E A OCORRÊNCIA DE**  
**INUNDAÇÕES NO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO**  
**ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

**São Luís**

**2021**

**THAÍS DA SILVA RODRIGUES**

**DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E A OCORRÊNCIA DE  
INUNDAÇÕES NO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO  
ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de bacharelado em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Quésia Duarte da Silva.

**São Luís**

**2021**

Rodrigues, Thais da Silva.

Dinâmica do uso e cobertura da terra e a ocorrência de inundações no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, ilha do Maranhão / Thais da Silva Rodrigues. – São Luís, 2021.

104 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Geografia Bacharelado, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Profa. Dra. Quésia Duarte da Silva.

1. Alterações antrópicas. 2. Urbanização. 3. Fenômenos hidrogeomorfológicos. I.  
Título.

**THAÍS DA SILVA RODRIGUES**

**DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA E A OCORRÊNCIA DE  
INUNDAÇÕES NO MÉDIO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANTO  
ANTÔNIO, ILHA DO MARANHÃO**

Monografia apresentada ao curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de bacharelado em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Quésia Duarte da Silva

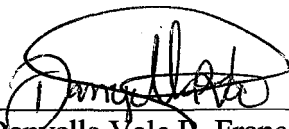
Aprovada em: 17 / 01 / 2022

**BANCA EXAMINADORA**



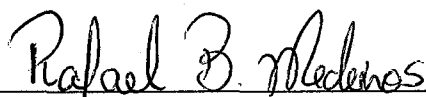
---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Quésia Duarte da Silva (Orientadora)  
Universidade Estadual do Maranhão



---

Prof<sup>a</sup> Ms Danyella Vale B. França (Banca examinadora)  
Universidade Estadual do Maranhão/CAXIAS



---

Prof. Dr. Rafael Brugnolli Medeiros (Banca examinadora)  
Universidade Estadual do Maranhão

*A minha família por todo apoio e dedicação.*

## AGRADECIMENTOS

Posso dizer com toda a certeza e experiência do mundo, que fácil não foi. Mas vai deixar saudade, essa adrenalina, correr contra o tempo, chegar ao limite de cada prazo, ultrapassar os prazos, foi muito importante pra mim. A experiência acadêmica é única e realmente passa rápido, no final fica a nostalgia de cada momento vivido dentro da Universidade. Apesar das diversas noites mal dormidas, das várias xerox tiradas, dos sermões de cada seminário e o desespero de cada período, viveria tudo novamente por cada momento e pelo diploma, claro!

Agradeço em primeiro lugar à Deus, por toda a graça e força para realizar cada objetivo meu, por me amparar sempre como filha que sou, em cada momento de angústia e alegria.

Em segundo à minha família, por todo apoio e palavras de incentivo, aos meus pais Rosa e João Pedro que contribuíram muito por esse momento de realização acadêmica e aos meus irmãos Leandro, Pedro e Carliane pelas horas de descontração e por compreenderem meus surtos, que foram muitos.

À minha orientadora, professora Dra. Quésia Duarte da Silva, por acreditar em mim, por me confiar duas iniciações científicas, foi muito importante pra mim, poder fazer parte desses momentos, agradeço também por todas as palavras de incentivo e também as pressões com os prazos e os “puxões de orelha”, precisei muito, eu sei. Muito obrigada professora, não se preocupe que a senhora ainda não vai se livrar de mim.

A Danyella França, que me aturou 24 horas por dia por todos esses anos, que tirou minhas dúvidas da madrugada e me fez acreditar na minha capacidade quando eu mesma não mais acreditei e ainda há momentos que não acredito. Obrigada Dany, você foi e sempre vai ser muito útil na minha vida.

Ao Ricardo Santana, porque sem ele não teria campo, obrigada por todo o apoio, ajuda e por fornecer o transporte e a distração e proporcionar os campos mais engraçados.

Agradeço ao Euclides Gomes, por toda força e auxílio durante as execuções de algumas etapas mais difíceis e pelas palavras de apoio quando reclamava da pesquisa. Euclides, mil desculpas, mas você ainda vai ter que me aturar muito.

A Dayana Maciel, por me incentivar a encontrar um rumo na Geografia, se não fosse você, nem sei em que área estaria. Obrigada também por proporcionar um modelo de protocolo de fácil aplicação e por ouvir meus surtos existenciais, obrigada residencial Paraíso.

Ao Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (Geomap), em especial ao Cristã Leão, à Cristiane Mouzinho e ao Walefe da Cruz, por todo o apoio.

As minhas amigas da Geografia, Josimara Monroe, Raphaela Pacheco, Debora Aroucha, Jéssica Sabrina e Idely Gomes, por todo incentivo e aos meus amigos da turma de Geografia bacharelado 2016.2.

Meu muito obrigada a todos!

*“Valeu a pena? Tudo vale a pena  
Se a alma não é pequena.  
Quem quer passar além do Bojador  
Tem que passar além da dor.  
Deus ao mar perigos e abismos deu  
Mas foi nele que espelhou o céu”.*  
= *Fernando Pessoa* =



## RESUMO

O processo de urbanização tem por finalidade a busca por melhores condições de vida e oportunidades profissionais. Com a saturação dos grandes centros urbanos, a população se instala em áreas consideradas inadequadas, como nas encostas, nas margens de canais fluviais e em outras morfologias, as quais são alteradas e por consequência ocorre a poluição das águas, retirada da vegetação, assoreamento dos leitos fluviais, despejo de efluentes nos canais e outros. É no período chuvoso que os efeitos das atividades antrópicas nos canais são notórios, com a elevação do nível da água dos rios ocorrem o fenômeno de inundação, o que consequentemente afeta a população em seu entorno. A área de estudo da pesquisa é o médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, sendo localizado na porção nordeste da Ilha do Maranhão; abrange os municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar, possuindo uma área de 19,25 km<sup>2</sup>. A pesquisa tem por objetivo geral, analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra e a ocorrência de inundações no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão. Os objetivos específicos são avaliar os tipos de uso e cobertura da terra na área de estudo; identificar as áreas com ocorrência de inundações e caracterizar as alterações ocorridas no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão. Para pesquisa, realizou-se levantamentos bibliográficos. Para a caracterização da bacia hidrográfica foi realizada a análise morfológica utilizando os fatores como declividade, unidades do relevo, curvatura da superfície, hipsometria e hierarquia fluvial. Como resultado, apresenta-se que a área em estudo possui declividade moderada, com um relevo suavemente ondulado, pois há o predomínio das colinas esparsas. A curvatura da superfície apontou que 95,71%, das vertentes na área são retilíneas o que propicia maior velocidade no escoamento superficial e facilita as ocupações urbanas próximas aos canais. Altimetricamente a bacia possuiu maior percentual na variação de classes entre 15 a 40 metros, sendo pouco expressiva a presença de tabuleiros na localidade. No que tange a hierarquização dos canais, o médio curso apresenta 18 canais de primeira ordem, 5 canais de segunda, 2 de terceira ordem e o canal principal é definido de quarta ordem. Quanto ao uso e cobertura da terra, tem-se 3 classes, sendo elas, solo exposto com área de 31,28% do total; área urbana com 21,65% do total; e vegetação, com 47,04% da área total. Foi realizada a comparação da drenagem dos canais dos anos de 1980 com os de 2020 e observou-se o assoreamento e a canalização dos canais de primeira ordem, tendo uma perda significativa de canais de drenagem em um intervalo de tempo de 40 anos. Foi elaborado o mapa de localização do fenômeno de inundação com os principais pontos de ocorrência do fenômeno. Foram realizadas entrevistas com moradores nas localidades Mercês e Cidade Verde, onde todos relataram que presenciaram o fenômeno estudado e o ano de maior ocorrência foi o ano de 2021, com ocorrência de chuvas rápidas e intensas. Como caracterização das alterações na área de estudo, aplicou-se os modelos de Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, dos autores Carvalho (2010) e Lobo (2011) em 5 pontos no médio curso do Santo Antônio, analisando cada parâmetro. Afirma-se que todos os pontos analisados estão alterados. No médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio identificou-se alterações nos seus canais, como descarte irregular de resíduos sólidos, supressão da vegetação, ocupação nos leitos fluviais, processos erosivos nas margens do canal, assoreamento e áreas impermeáveis, fatores que ocasionam transtornos à população no período chuvoso com a ocorrência de inundações na bacia hidrográfica.

**Palavras-chave:** Alterações antrópicas; Urbanização; fenômenos hidrogeomorfológicos.

## ABSTRACT

The purpose of the urbanization process is to search for better living conditions and professional opportunities. With the saturation of large urban centers, the population settles in areas considered unsuitable, such as on slopes, on the banks of river channels and in other morphologies, which are altered and consequently water pollution occurs, vegetation removal, silting of the river beds, dumping of effluents in channels and others. It is in the rainy season that the effects of human activities in the channels are notorious, with the rise in the water level of the rivers, the phenomenon of flooding occurs, which consequently affects the population in its surroundings. The study area of the research is the middle course of the Santo Antônio river basin, being located in the northeast portion of the Maranhão Island; covers the municipalities of São José de Ribamar and Paço do Lumiar, with an area of 19.25 km<sup>2</sup>. The general objective of the research is to analyze the dynamics of land use and cover and the occurrence of floods in the middle course of the Santo Antônio river basin, Ilha do Maranhão. The specific objectives are to assess the types of land use and land cover in the study area; to identify the areas with occurrence of floods and to characterize the alterations that occurred in the middle course of the river basin of Santo Antônio, Ilha do Maranhão. For research, bibliographic surveys were carried out. For the characterization of the watershed, a morphological analysis was performed using factors such as slope, relief units, surface curvature, hypsometry and fluvial hierarchy. As a result, it appears that the study area has a moderate slope, with a gently undulating relief, as there is a predominance of sparse hills. The curvature of the surface indicated that 95.71% of the slopes in the area are straight, which provides greater speed in surface runoff and facilitates urban occupations close to the channels. Altimetrically, the basin had the highest percentage in the variation of classes between 15 and 40 meters, with the presence of boards in the locality being not very expressive. Regarding the hierarchy of the channels, the medium course has 18 first-order channels, 5 second-order channels, 2 third-order channels, and the main channel is defined as fourth-order. As for the use and land cover, there are 3 classes, namely, exposed soil with an area of 31.28% of the total; urban area with 21.65% of the total; and vegetation, with 47.04% of the total area. A comparison of the drainage of the channels of the 1980s with those of the 2020s was carried out and the silting and channeling of the first order channels was observed, with a significant loss of drainage channels in a time interval of 40 years. A map of the location of the flooding phenomenon was prepared with the main points of occurrence of the phenomenon. Interviews were carried out with residents in Mercês and Cidade Verde, where all reported that they witnessed the phenomenon studied and the year with the highest occurrence was 2021, with rapid and intense rains. As a characterization of the changes in the study area, the models of Rapid River Assessment Protocol, by the authors Carvalho (2010) and Lobo (2011) were applied at 5 points in the middle course of Santo Antônio, analyzing each parameter. It is stated that all analyzed points are altered. In the middle course of the Santo Antônio hydrographic basin, alterations were identified in its channels, such as irregular disposal of solid waste, suppression of vegetation, occupation of river beds, erosive processes on the banks of the channel, silting and impermeable areas, factors that cause disturbances to the population in the rainy season with the occurrence of floods in the hydrographic basin.

**Keywords:** Anthropogenic changes; Urbanization; Hydrogeomorphological phenomena.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Mapa de localização do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	20
<b>Figura 2</b> - Censo demográfico brasileiro do ano de 1900 a 2010.....	22
<b>Figura 3</b> - Esquema do ciclo hidrológico.....	27
<b>Figura 4</b> - Relação das vertentes e a densidade de drenagem.....	28
<b>Figura 5</b> - Tipos de leitos fluviais.....	29
<b>Figura 6</b> - Tipos de padrões dos canais de drenagem.....	30
<b>Figura 7</b> - Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre.....	32
<b>Figura 8</b> - Processo de enchentes e inundações.....	36
<b>Figura 9</b> - Tipos de curvatura vertical e horizontal do terreno.....	40
<b>Figura 10</b> - Mapa de localização dos pontos de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio.....	43
<b>Figura 11</b> - Mapa de hierarquia fluvial do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	50
<b>Figura 12</b> - Mapa hipsométrico do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	52
<b>Figura 13</b> - Mapa de declividade do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	54
<b>Figura 14</b> - Mapa de curvatura vertical da superfície do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	56
<b>Figura 15</b> - Mapa de unidades do relevo do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	58
<b>Figura 16</b> - Mapa de uso e cobertura da terra do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	61
<b>Figura 17</b> - Mapa de densidade de edifícios do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	63
<b>Figura 18</b> - Mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020 do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	65
<b>Figura 19</b> - Média de precipitações mensais dos anos de 2000 a 2009 de São Luís.....	67
<b>Figura 20</b> -Precipitação total da Ilha do Maranhão (mm), 2020.....	68
<b>Figura 21</b> - Mapa de localização do fenômeno de inundação do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	70
<b>Figura 22</b> - Meses com maiores ocorrências de enchentes e inundações – 2021.....	71
<b>Figura 23</b> -Residências atingidas por inundação.....	72
<b>Figura 24</b> - Intensidade dos fenômenos de enchente e inundação.....	73
<b>Figura 25</b> - Canal principal após intensa precipitação.....	74
<b>Figura 26</b> – Canal na localidade Mercês.....	75
<b>Figura 27</b> - Residência sendo atingida pela água em período chuvoso.....	76
<b>Figura 28</b> -Trecho do canal principal do rio Santo Antônio no bairro Quinta, São José de Ribamar.....	78

<b>Figura 29</b> - Canal com presença de materiais úrbicos em seu leito fluvial .....	78
<b>Figura 30</b> - Queima de resíduos sólidos próximos ao canal do Rio São João.....	79
<b>Figura 31</b> - Canal situado dentro das dependências do Parque Aquático Wang Park.....	80
<b>Figura 32</b> - Despejo de efluentes no canal do médio curso do Santo Antônio.....	80
<b>Figura 33</b> - Identificação da presença de fauna no canal fluvial .....	81
<b>Figura 34</b> - Resíduos sólidos na planície de inundação do médio Santo Antônio .....	81
<b>Figura 35</b> - Canal fluvial com presença de mata de galeria .....	82
<b>Figura 36</b> - Descarte de sedimentos em canal do rio Santo Antônio.....	83
<b>Figura 37</b> - Processo erosivo em avenida às margens do canal fluvial .....	83
<b>Figura 38</b> - Matéria jornalística sobre os elevados índices pluviométricos da Ilha do Maranhão .....	84
<b>Figura 39</b> - Reportagem sobre ação de limpeza no canal principal do Santo Antônio.....	85
<b>Figura 40</b> - Ponto 1 localizado no rio São João.....	87
<b>Figura 41</b> - Margem do rio São João .....	88
<b>Figura 42</b> - Características do ponto 2 na localidade Quinta .....	88
<b>Figura 43</b> - Terreno para venda às margens do canal.....	89
<b>Figura 44</b> - Casa abandonada na margem esquerda do canal.....	89
<b>Figura 45</b> - Canal próximo ao parque aquático Wang Park .....	90
<b>Figura 46</b> - Resquícios de construções na margem do canal.....	91
<b>Figura 47</b> - Árvore de grande porte na margem no canal.....	91
<b>Figura 48</b> - Terreno à margem do canal com indício de queimada.....	92
<b>Figura 49</b> - Canal na localidade Mercês .....	92
<b>Figura 50</b> - Vegetação presente às margens do canal.....	93
<b>Figura 51</b> - Canal localizado no Joelho de Porco .....	94
<b>Figura 52</b> - Galeria presente no canal.....	94
<b>Figura 53</b> - Sítio localizado próximo à margem do canal .....	96

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Classificação dos parâmetros do PARS .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabela 2- Matriz de tipologias .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabela 3 - Hierarquia fluvial do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabela 4-Classes hipsométricas da área de estudo .....</b>	<b>51</b>
<b>Tabela 5 - Classes de declividade da bacia hidrográfica do médio curso do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabela 6 - Formas de curvatura vertical da superfície da área do médio curso do Santo Antônio.....</b>	<b>55</b>
<b>Tabela 7 - Unidades de relevo do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 8 - Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio .....</b>	<b>86</b>
<b>Tabela 9 - Resultados do modelo de protocolo de Carvalho (2010) .....</b>	<b>95</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
2.1 Objetivo Geral .....	21
2.2 Objetivos Específicos .....	21
<b>3 INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS E AS BACIAS HIDROGRÁFICAS</b> .....	<b>22</b>
3.1 Geomorfologia Fluvial: Estudo de Bacias Hidrográficas Urbanas .....	26
3.2 Crescimento Urbano: Análise de Uso e Cobertura da Terra .....	32
3.3 Caracterização do Fenômeno de Inundação em Bacias Hidrográficas Urbanas .....	35
<b>4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>38</b>
4.1. Primeira etapa: Organização da pesquisa .....	38
a) Levantamento bibliográfico e cartográfico .....	38
b) Organização do ambiente de trabalho .....	38
4.2. Segunda etapa: mapeamentos temáticos.....	38
a) Hierarquia fluvial.....	38
b) Hipsometria .....	39
c) Declividade .....	39
d) Curvatura vertical .....	39
e) Unidades de relevo .....	40
4.3. Terceira etapa: Uso e Cobertura da Terra e Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e o Fenômeno de Inundação .....	40
a) Mapa de Uso e Cobertura da Terra.....	40
b) Mapa de Densidade de Edifícios .....	41
c) Mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020 .....	41
d) Mapa de localização das inundações .....	41
e) Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios .....	41
4.4. Quarta etapa: Trabalho de Campo .....	45
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>47</b>
5.1 Caracterização Geoambiental do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	47
5.2 Avaliação dos Tipos de Uso e Cobertura da Terra no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.....	59
5.3 Análise das Áreas com Ocorrências do Fenômeno de Inundação na Área de Estudo .....	69
5.4 Consequências das Alterações Urbanas no Médio Curso Da Bacia Hidrográfica Do Rio Santo Antônio.....	77
5.4.1 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida no Médio Curso na Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio.....	86
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>97</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>99</b>
<b>APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA</b> .....	<b>106</b>
<b>ANEXO A - MODELO DE PROTOCOLO LOBO (2011)</b> .....	<b>107</b>
<b>ANEXO B - MODELO DE PROTOCOLO CARVALHO (2010)</b> .....	<b>109</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o processo de urbanização na Ilha do Maranhão se intensificou com a busca de oportunidades de emprego e qualidade de vida. De acordo com Camargo e Amorim (2005) a demanda por novas moradias em ambientes urbanos influenciou na expansão de áreas adjacentes e no adensamento de regiões centrais já urbanizadas, além da ocupação de áreas menos favoráveis, apresentando uma intensa modificação no uso e cobertura da terra e interferências no equilíbrio dos sistemas naturais.

Com o aumento das áreas urbanas sem o planejamento territorial, suscitou as ocupações em locais considerados inadequados, como áreas de encostas e as margens dos canais fluviais. Segundo Nunes e Rosa (2020) essas ocupações tendem a se iniciar nas porções mais elevadas e amplas das bacias hidrográficas e, na maioria das vezes, se estendem até os segmentos mais rebaixados e próximos das planícies de inundação.

O crescimento urbano contribui para as alterações nas bacias hidrográficas, o que acarreta na supressão da vegetação, assoreamento dos canais, impermeabilização do solo, poluição das águas fluviais, além da alteração do ciclo hidrológico.

Segundo Tucci:

O desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal provocando vários efeitos que provocam mudanças nos componentes do ciclo hidrológico natural. Com a urbanização, a cobertura da bacia é modificada para pavimentos impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial (TUCCI, 1997, p.5).

Os tipos de usos dos recursos naturais definem as modificações positivas e/ou negativas no ambiente. Uso é um termo que se refere ao modo como a terra é usada pelos seres humanos, estando, portanto, relacionado à função socioeconômica (HEYMANN, 1994 apud IBGE, 2006). As consequências dos tipos de uso da terra de acordo com Santos *et al.* (1998), podem ocasionar processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos lagos e reservatórios. Portanto, é necessário o equilíbrio entre as atividades humanas e os recursos naturais.

Para Kipper (2015), a urbanização altera as características de uma bacia, provoca transformações na vegetação e no caminho que percorre a água, além de mudar as cotas de um terreno e seu relevo. Em consequência disso, ocorrem mudanças no solo e na velocidade e vazão da água.

As análises do comportamento das bacias hidrográficas tornaram-se mais intensas, devido às transformações do meio urbano e seu crescimento acelerado. Para Lima (1986), o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características

geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, entre outros) e do tipo de cobertura vegetal.

As discussões sobre as questões ambientais começaram a ganhar destaque não só no espaço urbano, mas também no rural, diante das alterações dos solos, das vegetações e das águas. Botelho e Silva (2004) destacam a bacia hidrográfica como célula de análise ambiental, que permite conhecer os diversos componentes, os processos e interações que nela ocorrem.

Segundo Barella (2001) a bacia hidrográfica é um conjunto de terras drenadas por rios e seus afluentes, formadas pelas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando riachos ou rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes ou lençol freático.

O estudo geomorfológico das bacias hidrográficas, segundo Christofolletti (1980), aborda os processos e as formas de escoamento dos rios, o que se tornou de grande relevância para pesquisas relacionadas às dinâmicas hidrográficas naturais e antrópicas.

As ações antrópicas no meio urbano têm causado modificações à natureza, principalmente em relação às formas de uso e cobertura da terra. Em destaque as ocorrências de inundações, que são fenômenos naturais em uma bacia hidrográfica, pois é o extravasamento do nível de água ao leito maior ou excepcional.

Jha, Bloch e Lamond (2012) discorrem que as inundações urbanas se originam de uma complexa combinação de fatores contribuintes, resultantes de eventos extremos meteorológicos e hidrológicos, como a alta da precipitação e dos fluxos, mas também ocorrem como resultado de atividades humanas, como o crescimento urbano em áreas de planícies fluviais.

As ocupações nas áreas urbanas, principalmente em áreas de planícies fluviais, causam transtornos para a população residente do local e alteram a morfologia dos canais fluviais. Lima (2001) destaca que a questão habitacional encontra-se centrada na falta de opções de acesso a moradia para as camadas de baixa renda.

Pode-se afirmar que apesar da ocupação ser da população, o Estado tem como responsabilidade e função a execução do planejamento ambiental, a fim de evitar que ocorram as ocupações em áreas irregulares, assim como está descrito na Legislação Ambiental Brasileira, por meio da Política Nacional do Meio Ambiente, que tem por objetivo no *caput* do Art. 2º da Lei nº 6.938/81, a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).



A falta de planejamento territorial afetou diretamente o sistema de drenagem da Ilha do Maranhão, pois com a saturação das áreas urbanas a população passou a ocupar as margens dos canais fluviais, alterando não só seu fluxo, como a sua dinâmica natural. As alterações ocorridas na bacia hidrográfica favorece o surgimento de problemas relacionados ao saneamento ambiental, assim como em seu sistema natural.

As bacias hidrográficas urbanas são comumente alteradas, de variadas formas. O médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio está localizado em uma área onde a especulação imobiliária cresceu nos últimos 40 anos, fazendo com que a área de estudo seja muito alterada. A urbanização dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar foram intensificadas de maneira rápida sem planejamento territorial e monitoramento adequado do uso e cobertura da terra.

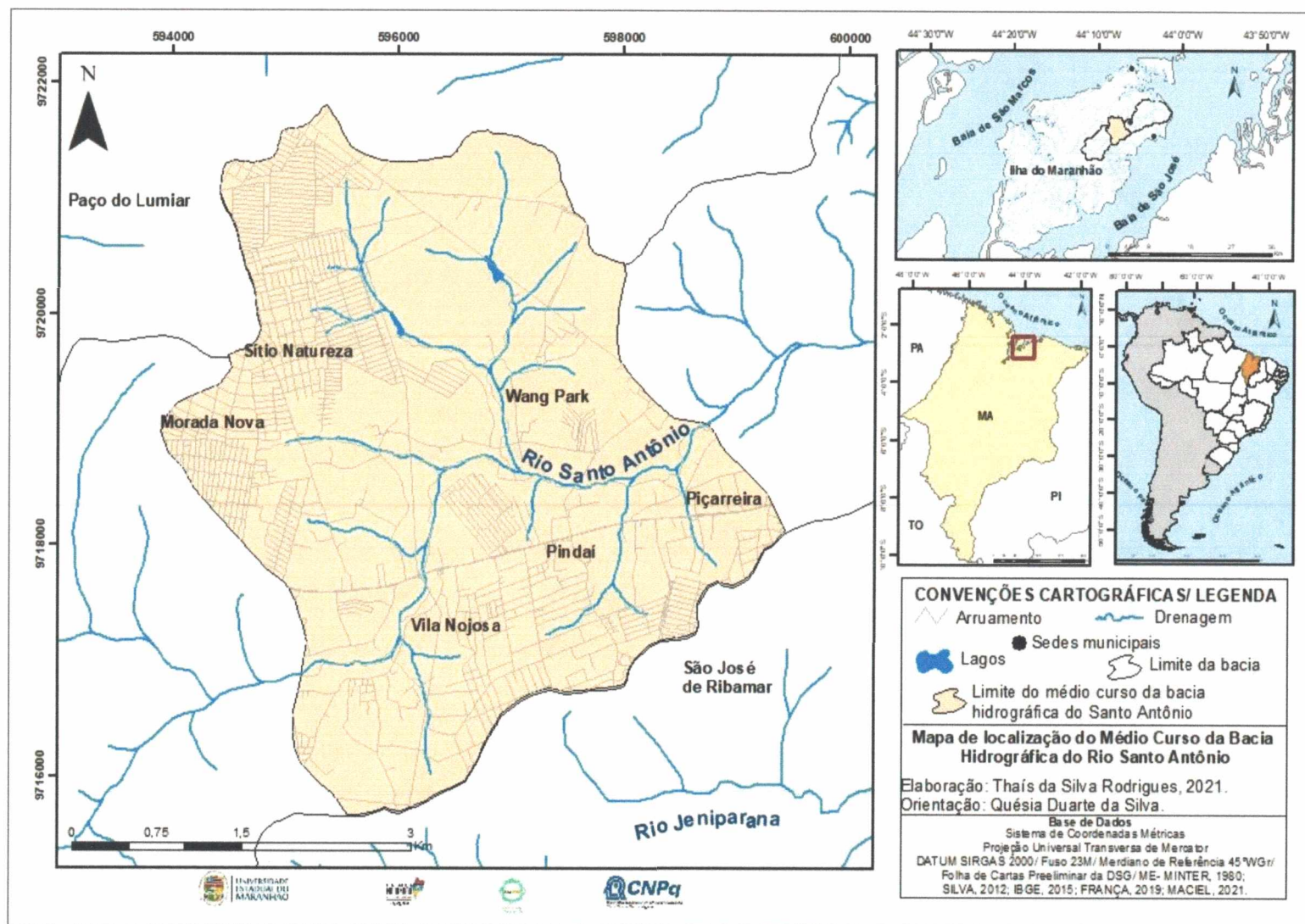
Neste sentido, o estudo foi desenvolvido no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, que está situado na porção leste da Ilha do Maranhão e apresenta-se em constante processo de urbanização.

De acordo com dados levantados, o médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresenta uma área de 19,25 Km<sup>2</sup>, limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Paciência, ao sul com a bacia do rio Jeniparana a leste com o baixo curso da bacia do rio Santo Antônio e a oeste com o alto curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio (FIGURA 1).

A presente pesquisa do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão está organizada tendo início pela introdução, em seguida por seus objetivos gerais e específicos, o terceiro capítulo abrange as Intervenções antrópicas e os cursos d'água, tendo por subtópico a Geomorfologia Fluvial: estudo de bacias hidrográficas urbanas; Crescimento Urbano: análise de uso e cobertura da terra; Caracterização do fenômeno de inundação em bacias hidrográficas urbanas e Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PARS).

O capítulo 4 destaca os procedimentos técnico-operacionais, organizado de acordo com as etapas para a realização da pesquisa. O capítulo seguinte destacam os resultados, subdividido em 5 subtópicos com análise da área da estudo, através dos mapeamentos, fotografias e entrevistas, realizadas durante a pesquisa. Tendo por finalização as considerações finais, as referências utilizadas na pesquisa e os apêndices e anexos.

Figura 1 - Mapa de localização do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Rodrigues (2020).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a dinâmica de uso e cobertura da terra e a ocorrência de inundações no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- ❖ Avaliar os tipos de uso e cobertura da terra na área de estudo;
- ❖ Identificar e analisar as áreas com ocorrência de inundações;
- ❖ Caracterizar as alterações ocorridas no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão.

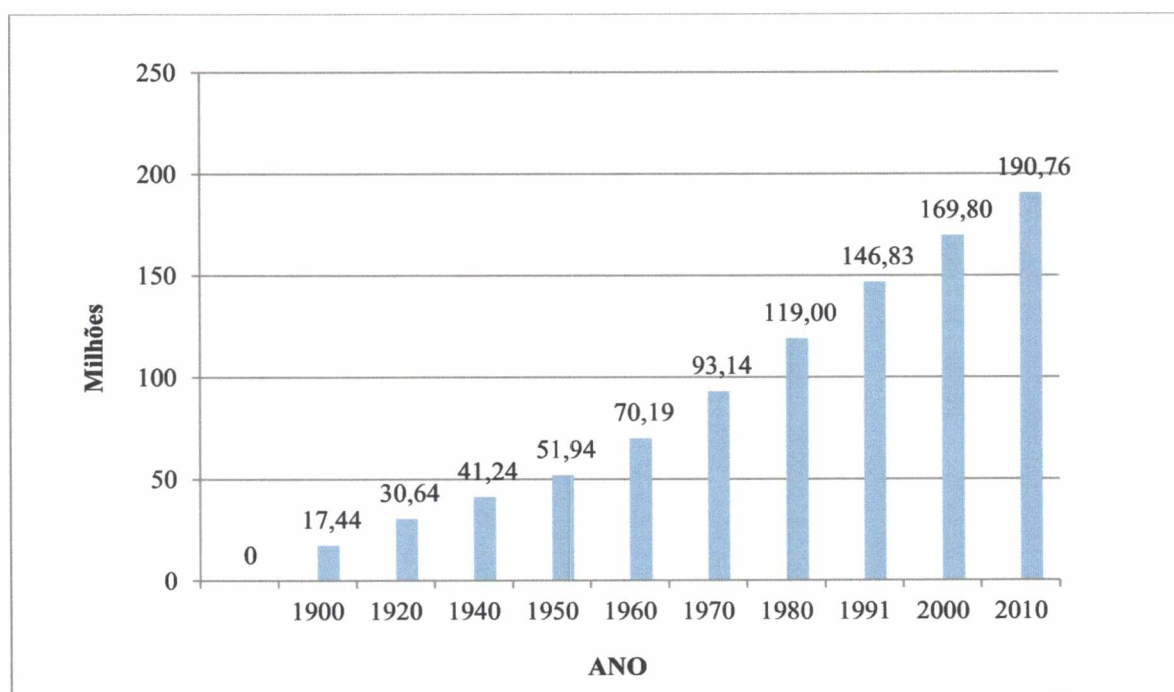
### 3. INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS E AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A partir do século XX, após a Revolução Industrial o crescimento da população brasileira intensificou-se de forma abrupta. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a referida população cresceu 10 vezes mais que o estimado entre os anos de 1900 e 2000. Quando no ano de 1900, a população total era de 17,4 milhões de pessoas, no ano 2000 atingiu a marca de 169,59 milhões de pessoas.

Diversos são os fatores que contribuíram para o aumento populacional brasileiro no último século, tais como o aumento da taxa de natalidade, a diminuição da taxa de mortalidade oriundas das medidas medico-sanitárias e o êxodo rural<sup>1</sup>. A variação populacional proporcionada por tais fatores ocasionou a chamada explosão demográfica<sup>2</sup> e posteriormente a transição demográfica<sup>3</sup>.

Na Figura 2, é possível observar as taxas de crescimento populacional do país, entre os anos de 1900 a 2010, datado o último censo demográfico.

**Figura 2 - Censo demográfico brasileiro do ano de 1900 a 2010**



Fonte: IBGE (2010), organizado por Rodrigues (2020).

Dentre os fatores que proporcionaram o crescimento populacional no Brasil pode-se destacar a taxa de fecundidade, que apresentou oscilações no quantitativo de filhos por casal em um período de 75 anos. Segundo estudos do Instituto de Pesquisa Econômica

<sup>1</sup> É o processo de migração da população rural para os grandes centros urbanos.

<sup>2</sup> É o crescimento elevado populacional em um determinado período.

<sup>3</sup> É a dinâmica do crescimento populacional, ocasionada principalmente pela migração.

Aplicada (IPEA) entre os anos de 1900 e 1925, a média de filhos por mulheres era de 5,5 e a partir do ano de 1975, a média passou a ser de 2,0 filhos.

Ainda de acordo com a pesquisa (IPEA), a quantidade de filhos por casal variou entre a zona rural e a zona urbana, as mulheres residentes da zona rural possuíam mais filhos em relação às residentes da zona urbana. O que pôde ser influenciado devido à qualidade nas condições de desenvolvimento econômico e social, como acesso a saúde e educação.

Outro fator que influenciou o crescimento populacional foi à migração da população rural para a região urbana. Paulo (2010) relata que a falta de perspectivas de trabalho no campo fez com que os trabalhadores rurais comesçassem a migrar para as grandes cidades em busca de empregos e melhores condições de vida, fato que ficou conhecido como êxodo rural.

Seabra (2004) discorre que:

Sobre os recém-egressos do campo se exerceu um fascínio da cidade, tanto pela materialidade que guarda todos os tempos, (as catedrais, os mosteiros, jardins e praças públicas) como pelas ideias tomadas em circulação. A literatura faz crer que a cidade chegou a ser promessa de um mundo melhor porque dela foi veiculada para a sociedade inteira uma imagem de mundo com novas possibilidades, principalmente para os migrantes rurais que deixavam os arados e as enxadas (SEABRA, p.187, 2004).

De acordo com Alves, Souza e Marra (2011), o êxodo rural no passado contribuiu para a urbanização do Brasil, pois no período de 1950 a 1960 foi responsável por 17,4% do crescimento populacional das cidades, sendo também importante nas duas décadas seguintes.

Brito, Horta e Amaral (2001) discorrem que:

Foi a partir dos anos 30 e 40 que a urbanização se incorporou às profundas transformações estruturais que passavam a sociedade e a economia brasileira. Assumindo de fato, uma dimensão estrutural: não é só o território que acelera o seu processo de urbanização, mas é a própria sociedade brasileira que se torna cada vez mais urbana. Este “grande ciclo de expansão da urbanização”, que se iniciava, coincidia com o “grande ciclo das migrações internas”. As migrações internas faziam o elo maior entre as mudanças estruturais que passavam a sociedade e a economia brasileira e a aceleração do processo de urbanização (BRITO; HORTA; AMARAL, 2001, p.2).

Entretanto, com a desaceleração do crescimento da população brasileira, os centros urbanos passaram por transformações devido ao aumento migratório do campo para a cidade, afetando assim, os setores econômicos, sociais e ambientais, pois com o crescimento das ocupações na região urbana, ampliou-se a desigualdade social.

Martins (2002) enfatiza que uma situação típica de desenvolvimento desigual e excludente é onde um processo urbano-industrial acelerado, em poucas décadas ocasiona uma forte concentração de população nas grandes cidades, acarretando graves problemas de degradação ambiental que se evidenciam especificamente na área urbana.

Com o crescimento das grandes cidades foram surgindo pontos na ocupação do espaço territorial denominado periferia, onde as populações mais pobres são deslocadas dos pontos centrais para os periféricos, ocupando espaços sem infraestrutura e construindo moradias que não oferecem condições para uma sobrevivência digna familiar, além das condições de transporte, segurança, saúde e espaços para lazer [...]. Os problemas urbanos são contínuos e vem se acumulando ao longo dos anos, além do surgimento das favelas, invasões, vilas que nascem e se expandem, a retenção especulativa de terrenos é constante, o adensamento e a verticalização sem precedentes podem ser verificados com frequência e a destruição do meio ambiente é de forma avassaladora gerando transtorno socioambiental. (MARTINS; KAMIMURA, 2012, p.3).

À medida que a humanidade aumenta sua capacidade de intervir na natureza, surgem tensões e conflitos quanto ao uso do espaço e dos recursos naturais disponíveis como a água, um bem finito (MARTELLI, *et al.*, 2013).

As ocupações nas áreas urbanas, principalmente em áreas de planícies fluviais, ou seja, às margens de canais de drenagem, causam transtornos para a população residente do local e alteram a morfologia dos canais fluviais.

A urbanização de bacias hidrográficas interfere nos processos hidrológicos das respectivas áreas em virtude da exaustão dos aquíferos e das fontes poluidoras advindas das práticas domésticas e industriais, sendo por meio de infiltração de efluentes, chorume, fertilizantes, problemas construtivos ou hidráulicos (TUCCI *et al*, 2000).

Pode-se afirmar que apesar da ocupação ser da população, o Estado tem como responsabilidade e função a execução do planejamento ambiental, a fim de evitar que ocorram as ocupações em áreas irregulares.

Santos (2004) enfatiza que:

Com a Política Nacional do Meio Ambiente, foi a primeira vez que, explicitamente, surgiu uma proposta de planejamento ambiental no Brasil, como forma de orientação de ordenamento territorial respaldada na legislação ambiental, sem que isso tivesse representado a revogação das legislações publicadas até então. O que significou e significa até hoje, a necessidade de coexistência de legislações criadas em diferentes momentos históricos, com diferentes propósitos e associadas como instrumentos do direito ambiental atual (SANTOS, 2004, p.15).

De acordo com Andrade e Romero (2005), a Legislação Ambiental brasileira é bastante rigorosa em suas normas. Entretanto, na maioria dos casos permanece inaplicável pela capacidade precária da fiscalização, dos agentes públicos e pela inviabilidade de ações diante de situações sociais incontroláveis.

Assim como a Legislação Ambiental é responsável por analisar situações de caráter socioambiental, o Plano Diretor do município também possui essa responsabilidade, pois ele é o principal instrumento que tem por finalidade a orientação e atuação do poder público na construção do espaço urbano, o seu principal objetivo, a qualidade de vida da

população. Entretanto, as medidas estabelecidas no Plano Diretor de um município devem ser implantadas, para que haja efetivação na sua finalidade.

É com as efetivações das leis ambientais que se pode obter um crescimento urbano sustentável, com a preservação dos mananciais, com saneamento básico e esgotamento sanitário, assim como a preservação das matas ciliares.

A sociedade contemporânea está estruturada pela disputa por espaço, por lugares, essencialmente a moradia, mas também estrutura a mesma disputa, a partir do desentendimento que se tem ou não da cidade onde se quer viver ou da cidade que cotidianamente é produzida (NASCIMENTO, 2016).

O crescimento urbano define as transformações que ocorrem no espaço geográfico, assim como as alterações na dinâmica natural do meio. Sendo as bacias hidrográficas urbanas uma das mais afetadas diretamente no ambiente.

### 3.1 Geomorfologia Fluvial: Estudo de Bacias Hidrográficas Urbanas

Os estudos de bacias hidrográficas são de suma importância para a compreensão da sua dinâmica natural e das alterações nela ocorridas, pois, elas são elementos fundamentais para a manutenção do meio ambiente e para a vida da sociedade.

Segundo Tucci (1997), bacia hidrográfica é a área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, onde ela é composta de um conjunto de superfícies (vertentes) e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Pires *et al.* (2005) destacam que:

O conceito de Bacia hidrográfica (BH) tem sido cada vez mais expandido e utilizado como unidade de gestão da paisagem na área do planejamento ambiental. Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de BH envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes, embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2005, p.17).

Sendo assim, a bacia hidrográfica pode ser então considerada um ente sistêmico. É onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água através do exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão se dá pelos sistemas hídricos (PORTO; PORTO, 2008).

O estudo da bacia hidrográfica como um sistema, define seu comportamento em relação às alterações no ambiente. Rodrigues (2016) enfatiza que:

O conceito de bacia hidrográfica traz em si a noção de sistema, tendo em vista que a bacia hidrográfica, em toda sua extensão, é uma área de entrada de energia e matéria que, naturalmente, tende a convergir para o fundo de vale, onde se forma a rede de drenagem que segue para o exutório. Nesse contexto, todo o tipo de transformação natural e/ou antrópica interfere nos fluxos da bacia hidrográfica, influenciado no balanço de entrada e saída de energia e matéria da bacia hidrográfica, sendo a água um dos elementos mais dinâmicos, que influi diretamente nos fluxos e processos em uma bacia hidrográfica (RODRIGUES, 2016, p.38).

Para os estudos do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, se faz necessária a compreensão do ciclo hidrológico no ambiente. De acordo com Botelho e Silva:

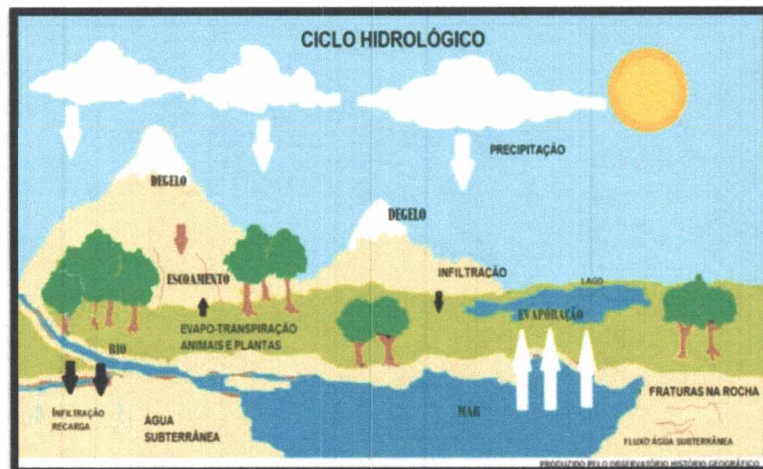
Ao distinguirmos o estado dos elementos que compõem o sistema hidrológico (solo, água, ar, vegetação, etc.) e os processos a eles relacionados (infiltração, escoamento, erosão, assoreamento, inundação, contaminação, etc.), somos capazes de avaliar o equilíbrio do sistema ou ainda a qualidade ambiental nele existente (BOTELHO; SILVA, 2004, p.153).



O ciclo hidrológico é essencial para a manutenção dos recursos hídricos, pois as bacias hidrográficas são modeladas através dos fatores de precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento superficial. Christofolletti (1974) enfatiza que a quantidade de água que atinge os cursos d'água depende do tamanho da bacia, da precipitação total, de seu regime e das perdas devido à evaporação, à transpiração e à infiltração.

O ciclo hidrológico funciona como uma fonte de renovação da água e ocorre a partir da energia térmica solar que faz com que a água se evapore dos oceanos e das reservas de água dos continentes (FIGURA 3). Ela fica na atmosfera por aproximadamente oito dias e depois ocorre a precipitação em forma de chuva, neve ou granizo (SOUSA, 2014).

Figura 3 - Esquema do ciclo hidrológico.



Fonte: Observatório Histórico Geográfico (2016).

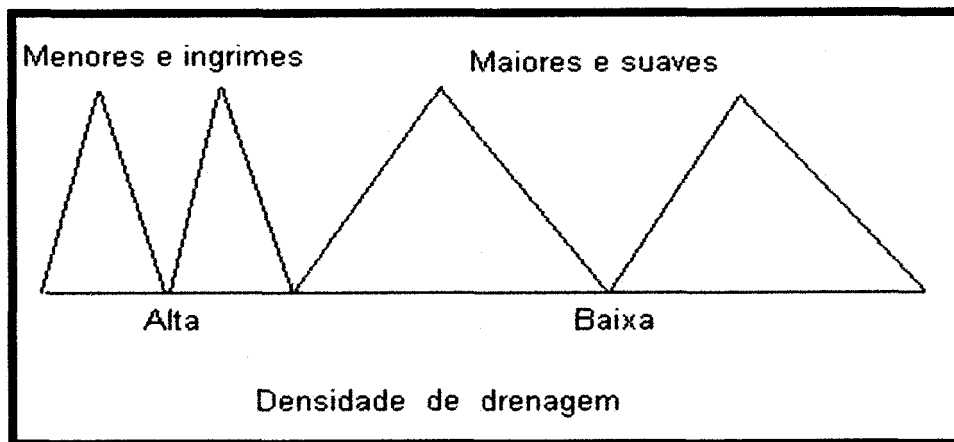
O estudo de bacias hidrográficas é fundamental para análise da sua morfodinâmica, sendo assim, para melhor compreensão dessa análise utilizou-se os conceitos de Christofolletti (1974) e Tucci (1997) para a pesquisa.

As bacias hidrográficas são caracterizadas de acordo com seu perfil topográfico e a análise das vertentes é essencial para a sua compreensão. De acordo com Christofolletti (1980) é impossível considerar as vertentes e os rios como entidades separadas porque, como membros de um sistema aberto, que é a bacia de drenagem, estão continuamente em interação.

As vertentes acarretam as características físicas das bacias hidrográficas, sendo determinadas pela densidade de drenagem dos canais fluviais. Christofolletti (1980) define que quanto maior a densidade de drenagem em uma área com relevo constante, menores e mais

inclinadas serão as vertentes, por outro lado, quanto maior a amplitude altimétrica em uma área de densidade de drenagem constante, mais longas e mais inclinadas serão as vertentes (FIGURA 4).

Figura 4 - Relação das vertentes e a densidade de drenagem

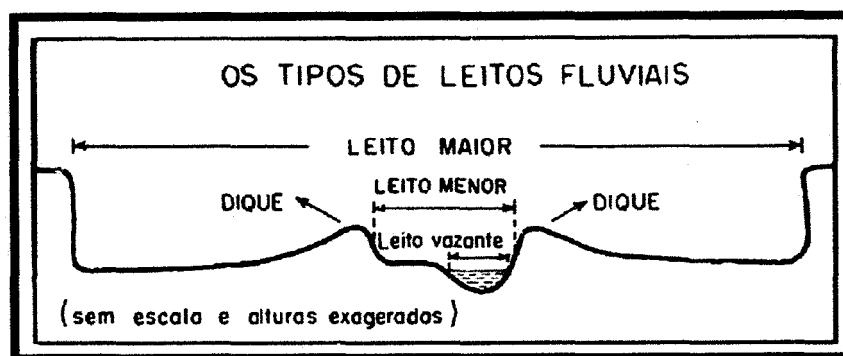


Fonte: Christofolletti (1980).

Em relação à característica da bacia hidrográfica, os leitos fluviais são compreendidos como análise principal da bacia. Tendo por definição, os espaços que podem ser ocupados pelo escoamento das águas e no que tange ao perfil transversal da planície de inundação (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Assim como as vertentes, os leitos fluviais definem o comportamento da bacia hidrográfica. Almeida (2010) *apud* Bethemont e Rossiaud (2003) destacam que as margens dos rios são o espaço no qual a água retoma seus direitos, onde, para Almeida (2010), esse espaço de “liberdade” está situado entre o leito menor e o leito maior excepcional ou aquele leito normalmente ocupado pelas grandes cheias. Esse espaço mais ou menos artificializado pode apresentar uma grande variedade de aspecto: podem ser notadas variações de vegetação cuja composição varia de acordo com a posição da água (FIGURA 5).

Figura 5- Tipos de leitos fluviais



Fonte: Christofolletti (1980).

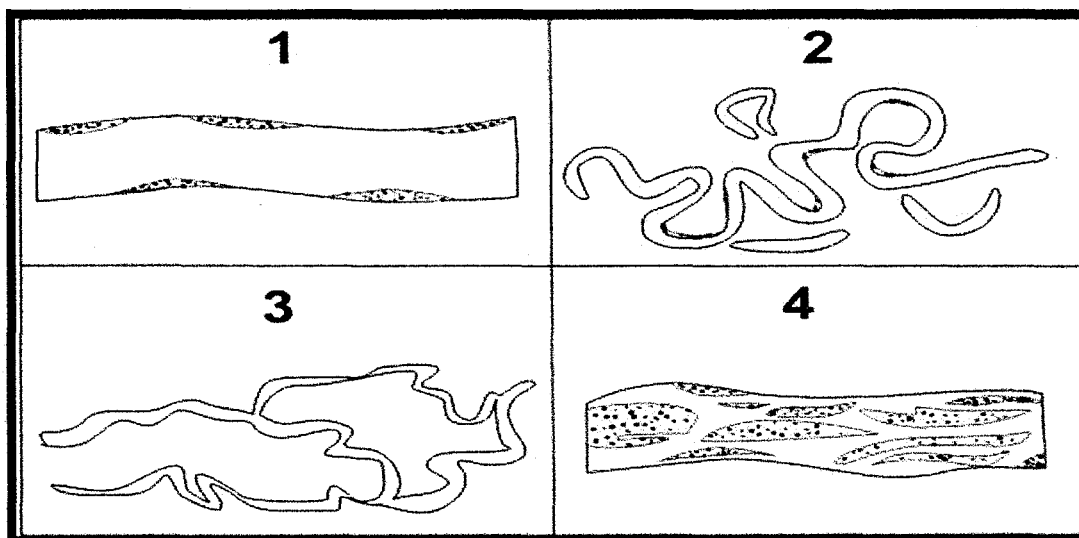
As alterações nos leitos fluviais da bacia hidrográfica podem ser apresentadas após um volume intenso de precipitações. De acordo com o volume das águas pluviais, determinados tipos de leitos são ocupados. Sendo os leitos fluviais definidos de acordo com Christofolletti (1980), como:

*O leito de vazante* que está incluído no leito menor e é utilizado para o escoamento das águas baixas. Serpenteando entre as margens do leito menor, acompanhando o talvegue, que é a linha de maior profundidade ao longo do leito. O *leito menor* é bem delimitado, encaixado entre as margens geralmente bem definidas, onde o escoamento das águas tem a frequência suficiente para impedir o crescimento da vegetação. Já o *leito maior ou sazonal* é regularmente ocupado pelas cheias, pelo menos uma vez a cada ano. Por fim o *leito maior excepcional* é por onde correm as cheias mais elevadas, as enchentes (CHRISTOFOLLETTI, 1980, p.83).

Spinelli (2015) destaca que a maioria dos estudos realizados acerca dos rios emprega uma classificação com base em quatro padrões básicos de canais caracterizados em função de parâmetros morfométricos, como sinuosidade, grau de entrelaçamento e relação entre largura e profundidade. Os quatro padrões básicos e/ou tipos de canais são os retilíneos, meandrantes, anastomosado e entrelaçado ou ramificado (FIGURA 6).

O padrão número 1 é definido como canal retilíneo, onde sua caracterização é reta, sem desvio, com um único sentido do fluxo de drenagem. Christofolletti (1980) destaca que os canais verdadeiramente retos são muito raros na natureza, existindo principalmente quando está controlado por linhas tectônicas, como no caso de cursos de água acompanhando linhas de falha.

**Figura 6-** Tipos de padrões dos canais de drenagem



Fonte: Riccomini (2009).

O tipo de canal representado pelo número 2 caracteriza os canais meandrantess<sup>4</sup>, onde os seus leitos fluviais podem apresentar matas ciliares, matas de galeria e depressões em seu curso, definindo assim o formato do canal. Para Guerra e Cunha (2009), são várias as condições essenciais para o desenvolvimento dos meandros, tais como: camadas sedimentares de granulação móvel, coerente, firmas e não soltas; gradientes moderadamente baixos; fluxos contínuos e regulares; cargas em suspensão e de fundo em quantidades mais ou menos equivalentes.

O número 3 é representado pelo canal anastomosado, que é caracterizado pelo transporte de sedimentos em seu curso, o que acaba por ser depositado em seu leito, criando assim ramificações em seu curso. “A grande quantidade de carga detrítica grosseira e heterogênea, em conjunto com a flutuação das descargas, permite a seleção, a deposição de material e, conseqüentemente, a formação de bancos” (GUERRA e CUNHA, 2009, p.217).

A representação número 4, por sua vez, é caracterizada pelo canal entrelaçado ou ramificado, que de acordo com Christofolletti (1980), é quando existe um braço de rio que volta ao leito principal, formando uma ilha e essa junção pode se verificar até as dezenas de quilômetros a jusante.

Os tipos de canais apresentados podem modificar-se temporariamente de acordo com os níveis de precipitações e com as alterações antrópicas no ambiente. Cunha (1996)

<sup>4</sup> Formados por meandros.

ênfatisa que um setor do rio pode ser anastomosado em período de ausência de chuva, quando há um excesso de carga sólida em relação à descarga, e exibir a fisionomia meandrante nos períodos de cheias.

As características físicas dos canais de drenagem destacam a forma como ocorre o funcionamento desse canal, sua dinâmica e suas mudanças de acordo com as alterações naturais e antrópicas, onde, com a urbanização as áreas constituintes de redes de drenagem foram as mais afetadas, o que causa alterações na bacia hidrográfica.

As ocupações irregulares nos leitos fluviais constituem uma das principais alterações na bacia de hidrográfica, sendo nos períodos chuvosos que ocorrem situações desastrosas por conta do aumento do nível de vazão do canal de drenagem.

Santos (2004) ressalta que as atitudes e atividades humanas não respeitam critérios ou limites físicos, como limites geológicos, pedológicos ou de bacias hidrográficas, sendo, as bacias hidrográficas do meio urbano as mais afetadas por atividades antrópicas.

Para Sebusiani e Bettine (2011) a ação antrópica sobre a superfície de uma bacia hidrográfica causa transformações no sistema hidrológico. A introdução de superfícies impermeáveis diminui a infiltração e reduz a superfície de retenção, portanto tem-se uma diminuição do abastecimento do lençol freático, o que pode tornar os cursos d'água efêmeros<sup>5</sup>.

Por serem sistemas abertos, as bacias hidrográficas são suscetíveis a alterações no seu sistema natural, sobretudo as que estão inseridas em áreas urbanas. Segundo Tucci (2002), a impermeabilização causa um aumento no escoamento superficial combinado com o aumento da velocidade produzida pela drenagem artificial, resultando em maiores vazões de pico com tempo de ocorrência mais rápido, provocando as enchentes em áreas urbanas.

---

<sup>5</sup> São cursos d'água temporários.

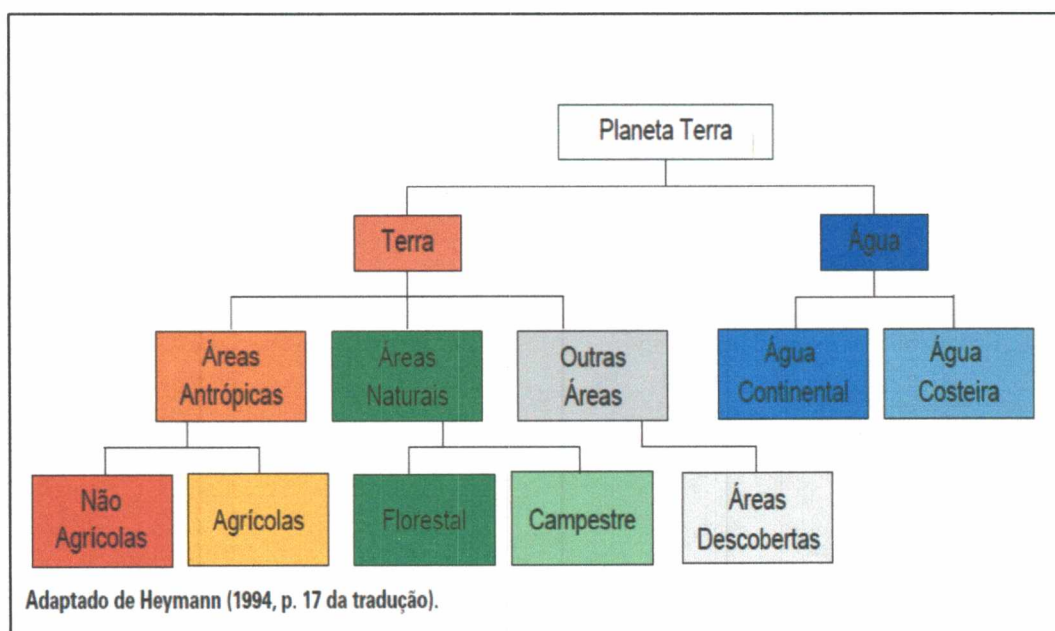
### 3.2 Crescimento Urbano: Análise de Uso e Cobertura da Terra

Os conceitos para o termo uso e cobertura da terra são relativos. Para Novo (1989) o termo “Uso da terra” refere-se à utilização cultural da terra, enquanto que o termo “cobertura da terra” ou “*land cover*” refere-se ao seu revestimento.

O termo uso e cobertura da terra é empregado de acordo com a diversidade do território, são as diversas características presentes no ambiente que definem as suas nomenclatura. Portanto as interpretações de dados analisados devem ser clarificadas.

De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, a nomenclatura do uso e cobertura da terra foi definida partindo do esquema teórico da cobertura terrestre, que abrange 2 primeiros níveis hierárquicos propostos. O terceiro nível que representa o uso propriamente dito, não se encontra representado por comportar inúmeras possibilidades (FIGURA 7).

**Figura 7** - Esquema teórico de construção de uma nomenclatura de cobertura terrestre



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013).

Os níveis hierárquicos do uso e da cobertura da terra são definidos diante do resultado de análises realizadas de um trabalho de estudo. Definindo assim, os tipos de usos e coberturas presentes em determinadas áreas.

Os tipos de usos dos recursos naturais definem as modificações positivas e/ou negativas no ambiente. Ross (1995) relata que o uso da terra pode significar um retrato

estático das manifestações dinâmicas desencadeadas pelas relações socioeconômicas de um território com os elementos do sistema ambiental.

Apesar do caráter estático, a interpretação desse retrato em um único período ou em séries cronológicas, o mesmo revela características que reproduzem a evolução histórico-temporal do fragmento espacial em estudo, possibilitando também uma visão futura e a estruturação de estudos geográficos que visam analisar a gênese de alterações ambientais derivadas de usos não planejados da terra (SIMON *et al.*, 2010).

As consequências do uso não planejado da terra de acordo com Santos *et al.* (1998) podem ser processos de erosão intensos, as inundações, os assoreamentos desenfreados dos lagos e reservatórios. Portanto, é necessário o equilíbrio entre as atividades humanas e os recursos naturais.

Já a cobertura da terra refere-se apenas à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre, sendo definida como os elementos da natureza, como a vegetação, por exemplo, além das construções artificiais criadas pelo ser humano (BURLEY, 1961 apud ANSERSON *et. al.*, 1979).

Para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística:

Os conceitos atribuídos à cobertura e ao uso da terra guardam íntima relação entre si e costumam ser aplicados alternativamente. Geralmente as atividades humanas estão diretamente relacionadas com o tipo de revestimento do solo, seja ele florestal, agrícola, residencial ou industrial (IBGE, 2013).

A cobertura da terra está relacionada ao revestimento dos elementos físicos da superfície terrestre. Seabra (2012) enfatiza que os estudos que correlacionam a caracterização da cobertura da terra e a análise de seus diferentes usos e manejos são importantes ferramentas para a compreensão da intensidade das mudanças e o tipo das mudanças em determinadas áreas.

Para Sherbinin (2002) a cobertura da terra se refere aos tipos de componentes que a cobrem, que podem ser relacionados ao meio ambiente (vegetação, água, gelo, rocha, solo) ou às construções antrópicas, enquanto que o uso se relaciona com o tipo de atividade que existe em um determinado local de estudo.

A relação população e ambiente está caracterizada pela modificação e dinâmica de ambas, porém o tipo de uso que as diversas atividades antrópicas exercem, afetam diretamente a dinâmica natural do ambiente.

Luchiari (2005) discorre que,

Quanto aos estudos relacionados à ação do ser humano sobre a superfície terrestre, os levantamentos de uso e cobertura da terra constituem informações básicas para o entendimento das manifestações humanas, caracterizadas pela distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre (LUCHIARI, 2005, p.8191).

As análises do uso e da cobertura da terra contribuem para a compreensão da relação entre sociedade/natureza e a dinâmica ocorrente entre eles. Casimiro (2000) enfatiza que o uso da terra é o ponto de interseção mais importante entre as atividades humanas e o meio.

A mudança ocorrente no uso e na cobertura da terra ao longo do tempo, em relação ao aumento da degradação dos recursos naturais, afetou diretamente a dinâmica de bacias hidrográficas. A atividade humana constitui a maior força no processo de transformação da paisagem, embora existam situações onde o uso da terra seja cerceado pelas características físicas existentes (BOUCHARD *et al.*, 1997).

A análise dos aspectos físicos de uma bacia hidrográfica é de suma importância para a compreensão das alterações ocasionadas por atividades antrópicas, que está relacionada diretamente com o seu uso e a cobertura. Tendo assim, faz-se necessário o seu estudo e as consequências ocasionadas por suas mudanças.

Cardoso e Aquino (2013) destacam,

A expansão das atividades antrópicas, ao longo dos tempos, provocou uma carga de impactos negativos decorrentes da exploração dos recursos hídricos e suas zonas de recarga localizadas nas pequenas bacias de cabeceiras ou microbacias hidrográficas. Essa expansão vem se tornando cada vez mais preocupante, porque tem avançado sobre áreas reconhecidamente protetoras dos recursos naturais, comprometendo sua função ambiental (CARDOSO E AQUINO, 2013, p.478).

A relação dos recursos hídricos e os tipos de uso e cobertura da terra enfatizam as transformações socioeconômicas ocorridas no espaço geográfico. Christofolletti (1999) ressalta que os resultados gerados por esses levantamentos auxiliam os processos de tomada de decisão, além de contribuir para a compreensão dos processos predominantes nas bacias hidrográficas.

É de suma importância destacar que o processo de urbanização, tracejado na intervenção antrópica sem os devidos planejamentos e gestão da bacia em ocupação, traz grandes complicações para a questão de águas urbanas e aos usos e ocupações da terra (FRITZEN; BINDA, 2011).



### 3.3 Caracterizações do Fenômeno De Inundação em Bacias Hidrográficas Urbanas

O crescimento populacional acelerado traz consigo uma urgente preocupação com os níveis de ocupação do solo urbano. A pressão social decorrente desse crescimento, que tem caráter regional e mundial, faz com que o planejamento urbano seja atropelado (TUCCI & MARQUES, 2000).

A falta de planejamento urbano intensifica as alterações nos cursos d'água, principalmente em relação ao seu abastecimento, no sistema de drenagem, no esgotamento sanitário, no descarte inadequado de resíduos sólidos, aumento do escoamento superficial, entre outros. Tucci e Bertoni (2003) destacam que o crescimento urbano em áreas inadequadas configura-se como um dos principais fatores associados à ocorrência de inundações.

Quando os níveis de água precipitada atingem o leito maior ou planície de inundação do canal, o fenômeno é conhecido por inundação. De acordo com Ribeiro e Lima (2011) os eventos de inundações podem ocorrer devido ao regime natural dos rios ou ampliado pelo efeito das alterações produzidas pelo ser humano na superfície do solo de uma bacia hidrográfica, principalmente pelo processo de urbanização, que provoca a impermeabilização das superfícies e canalização dos rios.

Christofoletti (1980) ainda destaca que,

As planícies de inundação conhecidas como várzeas na toponímia popular do Brasil, constituem a forma mais comum de sedimentação fluvial encontrada nos rios de todas as grandezas. A designação é apropriada porque nas enchentes toda essa área é inundada, tornando-se o leito do rio (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.60).

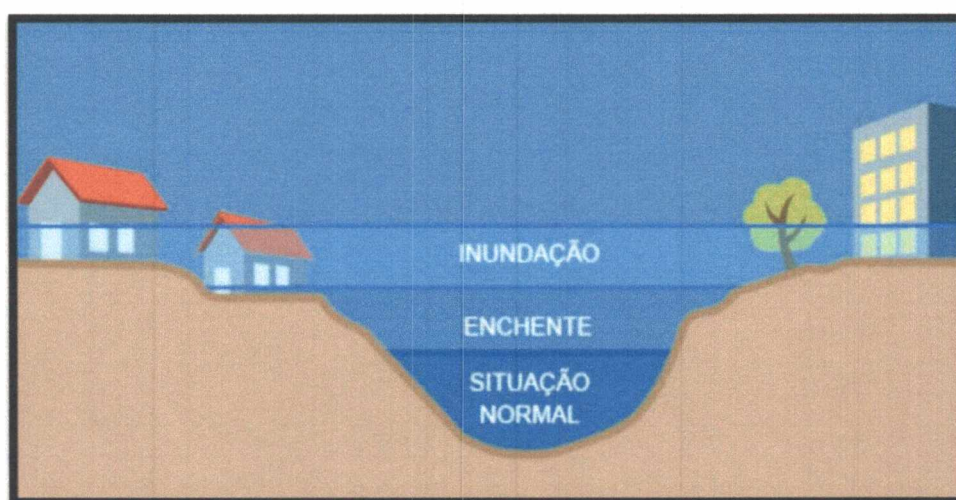
Para Junior e Santos (2013) os principais fatores responsáveis pela produção de inundações urbanas são diversos, vão desde aumento gradativo do volume de sedimentos e do escoamento superficial, devido ao lançamento de sólidos nos rios, galerias e canais até a inexistência de legislações.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2006) as inundações ocorrem devido às alterações ambientais e intervenções urbanas geradas pelo ser humano, provocando o aumento do escoamento e conseqüentemente a elevação da vazão dos cursos hídricos, principalmente os urbanos.

Para Tucci (2001) as inundações são divididas em dois tipos, as inundações urbanas e as inundações ribeirinhas, o autor define que para inundações ribeirinhas, os rios geralmente possuem dois leitos, o leito menor onde a água escoar na maioria do tempo e o leito maior. [...] O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita a inundação (TUCCI, 2001, p.180).

Kobiyama *et al* (2006) conceitua a inundação como o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre áreas próximas a ele. Para Almeida (2010) a inundação se dá quando há o transbordamento d'água para além do leito menor e há a ocupação do leito maior ou planície fluvial (FIGURA 8).

**Figura 8** - Processo de enchentes e inundações



Fonte: Cemaden (2016).

De acordo com as definições do fenômeno de inundação, destaca-se que sua dinâmica pode ser influenciada por atividades antrópicas, em decorrência da impermeabilização, ocupação do solo e à construção da rede de condutos pluviais. Herzer e Virgílio (1996) discorrem que uma área inundável é o produto histórico da interação de variáveis naturais e a produção social do território urbano.

Tucci (2001) ainda define que o desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento junto a condutos e assoreamento.

A população que ocupa os leitos fluviais está suscetível ao fenômeno de inundação, com o aumento da precipitação, ocorrem às cheias sazonais dos leitos, causando transtornos e até tragédias urbanas.

Riccomini *et al.* (2009) discorrem que,

Períodos anômalos de chuva sobre as bacias de drenagem podem ocasionar a súbita elevação do nível de água dos cursos fluviais, os quais, além de inundar áreas cultivadas e reduzir a disponibilidade de água potável, acarretam a destruição de construções e podem redundar na perda de vidas humanas e dos animais. Por outro lado, a ação antrópica pode ser responsável por grandes enchentes, como nos casos de ruptura de barragens e diques artificiais (RICCOMINI *et al.* 2009, p.72).

As inundações urbanas são agravadas principalmente com a ocupação dos leitos fluviais, porém as medidas de prevenção dos transtornos com a ocorrência desse fenômeno geram impactos negativos para a população. Almeida Neto e Héller (2016) relatam que medidas extremas, como a desocupação de áreas inteiras, causam desterritorialização de comunidades, causando destruição de lares e precarização de condições de vida.

As bacias hidrográficas por serem sistemas abertos estão mais suscetíveis às alterações que ocorrem no meio. Em destaque para as bacias hidrográficas urbanas, pois são as mais afetadas com o processo de crescimento populacional nas cidades, suprimindo a vegetação em torno das bacias e ocupando às suas margens, ocasionando desequilíbrio em sua dinâmica natural.

## 4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização da pesquisa foram feitos estudos bibliográficos de autores que abrangem a temática pesquisada. Em seguida, foi elaborada a caracterização da área de estudo, através da elaboração de mapas temáticos, trabalhos de campos realizados ao longo da pesquisa e outras etapas descritas a seguir.

### 4.1. Primeira etapa: Organização da pesquisa

#### a) Levantamento bibliográfico e cartográfico

Para a pesquisa foram analisadas as bases conceituais de bacias hidrográficas urbanas, de uso e cobertura da terra e do fenômeno de inundação. Foram realizadas pesquisas em livros, artigos e dissertações, assim como em *sites* especializados a fim de se compreender o crescimento urbano e o fenômeno de inundação.

#### b) Organização do ambiente de trabalho

O ambiente de trabalho foi organizado através de um banco de dados referente ao *software ArcGis for Desktop Advanced*, versão 10.2<sup>6</sup>, para a vetorização das Cartas Planialtimétricas da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG-1980), com escala 1:10.000.

Foi realizada a correção da vetorização das cartas planialtimétricas, tendo como resultado a qualidade em arquivos digitais das curvas de nível, cotas altimétricas, drenagem, os divisores de águas e açudes, que foram denominadas de lagos nos mapas temáticos. A vetorização tem formato de pontos, linhas e polígonos que são selecionados conforme os elementos da área em questão.

### 4.2. Segunda etapa: mapeamentos temáticos

Para a caracterização morfológica do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, elaboraram-se mapas temáticos de hierarquia fluvial, hipsometria, declividade, curvatura vertical e unidades de relevo.

#### a) Hierarquia fluvial

A hierarquia fluvial consiste na classificação dos cursos d'água, e essa classificação foi realizada manualmente, tendo como base a proposta de Christofletti (1980)

---

<sup>6</sup> Licença EFL999703439

e Strahler (1952) e que tem por denominação classificar os canais sem tributários como de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem do encontro de dois canais de segunda ordem; e o encontro de dois canais de terceira (contendo canais de primeira e segunda ordem), definem o canal de quarta ordem, seguindo esta lógica sucessivamente.

#### **b) Hipsometria**

A hipsometria é fundamental para o estudo do relevo, ou seja, da elevação do terreno. Para a elaboração do mapa hipsométrico, criou-se o *TIN* (Triangular Irregular Network) em seguida, adicionaram-se as curvas de nível e foi selecionada a função *ArcToolbox/3d Analyst Tools/ Data Management/ TIN/ Creat TIN/Simbology/EdgeTypes e Elevation*. Foi utilizado o sistema de tonalidades de gradiente nas 12 classes definidas no mapa, onde a tonalidade mais escura representa as maiores elevações e as mais claras menores.

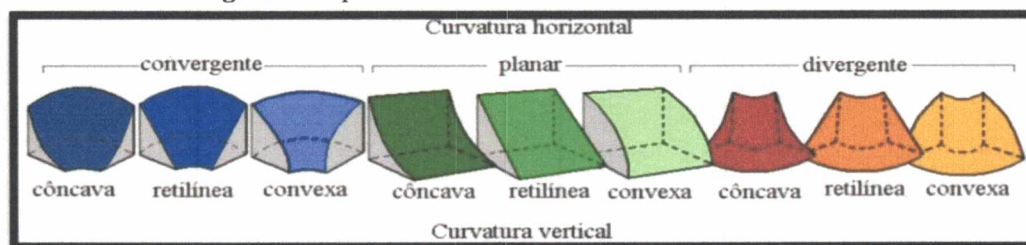
#### **c) Declividade**

A declividade do terreno é a sua inclinação em relação à horizontal e o mapa temático foi elaborado através de uma cópia do *TIN*, com alteração no *TIN, /Simbology/EdgeTypes/Elevation e Slope (degrees)*. Foi realizada a classificação em 4 classes, sendo elas: menor que 2%, 2% a 6%, 6% a 12% e maiores que 12%, utilizando-se como referencial a classificação de Florenzano (2008), por meio de adaptações com base na Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, relacionada ao Parcelamento do Solo Urbano.

#### **d) Curvatura vertical**

Segundo Valeriano (2008), a curvatura vertical refere-se à forma convexo/côncavo do terreno, quando este é analisado em perfil, e a curvatura horizontal é ao caráter convergente/divergente dos fluxos de matéria sobre o terreno. Para a elaboração do mapa temático de curvatura vertical foi necessária a transformação do *TIN* para raster e seguiu-se o seguinte caminho - *ArcToolbox/3D analyst Tools/Conversion/ From TIN/ TIN to raster* (FIGURA 9).

Figura 9 - Tipos de curvatura vertical e horizontal do terreno



Fonte: Valeriano (2008).

#### e) Unidades de relevo

Para a compreensão das unidades de relevo que caracterizam o médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, elaborou-se um mapa através da base de dados de Silva (2012), dispondo da morfologia em uma escala de semi detalhe (1: 60.000). Foi a partir dos trabalhos de campo, das curvas de nível e o *TIN*, que se atualizaram os arquivos vetoriais. Comparando-se as informações de gabinete e de campo as morfologias foram atualizadas e a partir das atualizações criou-se o mapa de unidades de relevo.

### 4.3. Terceira etapa: Uso e Cobertura da Terra e Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios e o Fenômeno de Inundação

Na terceira etapa dos procedimentos, realizou-se a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra, densidade de edifícios, mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020 e mapa de localização do fenômeno de inundação. Sendo utilizada a drenagem atualizada do ano de 2020, elaborada através da análise da imagem do Google Earth Pro do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.

Por conseguinte, aplicou-se o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios na área de estudo, como análise das alterações antrópicas ocorridas no médio curso do rio Santo Antônio.

#### a) Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Elaborou-se o mapa de uso e cobertura da terra do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, utilizou-se o *Google Earth Pro* para análise dos padrões de uso de toda a área de estudo e coleta da imagem do ano de 2020. Através do processo de classificação supervisionada, pela técnica da *Maximum Verossimilhança* gerou-se o mapa de uso e cobertura da terra da área em estudo, sendo definidas 3 classes de uso e cobertura da terra, onde a classe 1 representa solo exposto, a 2 área antropizada e a 3 vegetação.

### **b) Mapa de Densidade de Edifícios**

Para o mapa de densidade de edifícios foi necessária a criação de um *buffer* de 1000m para o *shape* do limite do médio curso, em seguida criou-se um *shape* em formato de pontos e se adicionou os setores censitários da Ilha do Maranhão, adquiridos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2010. Por conseguinte, com o auxílio da tabela de atributos criou-se um *field* com nome de edifícios e com o auxílio da ferramenta de identificação do ArcGis se obteve a quantidade de domicílios.

### **c) Mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020**

Para elaboração do mapa, comparou-se a drenagem de 1980 da carta DSG com a drenagem atual do ano de 2020, delimitada através do Google Earth Pro. Tendo como principal objetivo, a realização da comparação das alterações ocorridas na área de estudo nos últimos 40 anos.

### **d) Mapa de localização das inundações**

Para o mapa de identificação das áreas com ocorrências de inundações, foi utilizada a drenagem de 2020 e através das visitas em campo, foram definidos os pontos de ocorrência do fenômeno de inundação. Com a criação do *shape* de polígonos identificou-se os pontos de ocorrência dos fenômenos, com a realização de estudos de campo das áreas.

### **e) Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios**

O PARS é uma ferramenta que visa analisar as alterações antrópicas nas bacias hidrográficas urbanas, pois essas bacias são mais suscetíveis a modificações em seu sistema natural, o que pode acarretar ao agravamento do fenômeno de inundação.

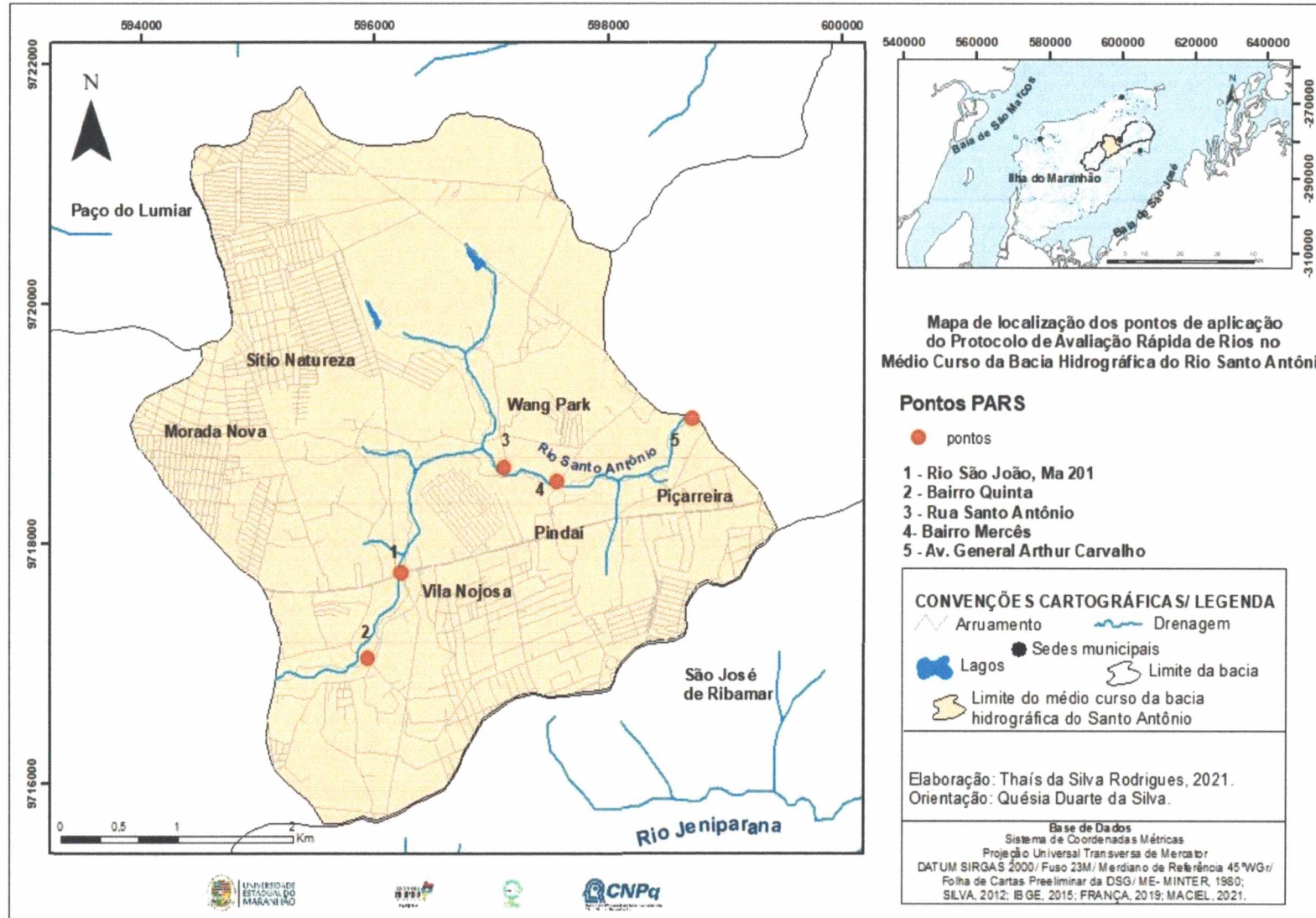
Para a área de estudo, foram trabalhados dois modelos de PARS, o primeiro deles foi o de Lobo (2011), onde o autor fez uma adaptação do modelo de Callisto *et al* (2002), destacando as condições da área estudada (ANEXO A). Lobo (2011) justifica que foi realizada a adaptação do protocolo com o objetivo de ajustar as condições ambientais locais, desenvolvendo um protocolo de avaliação, eficiente, de fácil utilização e capaz de identificar os impactos predominantes nas bacias.

O segundo modelo de PARS foi o de Carvalho (2010), que adaptou um modelo de protocolo utilizando quatro níveis de avaliação, sendo o primeiro nível as características morfológicas do canal; o segundo nível destaca o uso do solo nas margens do trecho do canal;

o terceiro nível está relacionado pelo uso do solo nos interflúvios e o quarto nível é a matriz de tipologias (ANEXO B). Para aplicação do PARS na área de estudo, foram selecionados 5 pontos sendo eles de fácil acesso para a análise dos parâmetros exigidos de cada um dos protocolos. O primeiro ponto para aplicação foi o rio São João, localizado na MA 201- São José de Ribamar; o segundo ponto está localizado no bairro Quinta; o terceiro ponto está localizado na rua Santo Antônio, próximo ao parque aquático Wang Park, no município de Paço do Lumiar. O quarto ponto foi no bairro Mercês e o quinto foi na Avenida General Arthur Carvalho (FIGURA 10).



**Figura 10 -** Mapa de localização dos pontos de aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Após a aplicação do protocolo em campo, foi realizada a somatória dos parâmetros de cada um dos protocolos, em cada ponto da área de estudo e através dos números de referência, foi analisada e identificada a classificação de cada ponto estudado no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Para a matriz de referência de Lobo (2011), após a somatória de todos os parâmetros foi realizada a classificação do ponto analisado na área de estudo, de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação dos parâmetros do PARS**

<b>Pontuação</b>	<b>Nível de Perturbação</b>
0 - 22	Impactado
23 - 32	Alterado
> 32	Natural

Fonte: Lobo (2011).

Para a classificação dos três níveis de tipologias do protocolo de Carvalho (2010), os parâmetros foram analisados individualmente em cada ponto, de acordo com o somatório da pontuação e com as propostas dos autores citados.

Segundo Carvalho (2010), a combinação dos valores de referência dos Níveis 1, 2 e 3 é capaz de gerar 27 combinações diferentes que foram agrupadas em nove tipologias. De acordo com o Tabela 2.

Tabela 2- Matriz de tipologias

NÍVEL 1	NÍVEL 2	NÍVEL 3	COMBINAÇÃO	TIPOLOGIA
100	10	1	111	<i>A - Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
100	10	2	112	<i>A-Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
100	10	3	113	<i>B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo</i>
100	20	1	121	<i>A-Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
100	20	2	122	<i>B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo</i>
100	20	3	123	<i>B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo</i>
100	30	1	131	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso</i>
100	30	2	132	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso</i>
100	30	3	133	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso</i>
200	10	1	211	<i>D-Canal alterado e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
200	10	2	212	<i>D-Canal alterado e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
200	10	3	213	<i>E-Canal alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
200	20	1	221	<i>D-Canal alterado e com baixo impacto pelo uso do solo</i>
200	20	2	222	<i>E-Canal alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
200	20	3	223	<i>E-Canal alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
200	30	1	231	<i>F- Canal alterado e com significativo impacto pelo uso</i>
200	30	2	232	<i>F- Canal alterado e com significativo impacto pelo uso</i>
200	30	3	233	<i>F- Canal alterado e com significativo impacto pelo uso</i>
300	10	1	311	<i>G- Canal muito alterado e com baixo impacto pelo uso</i>
300	10	2	312	<i>G- Canal muito alterado e com baixo impacto pelo uso</i>
300	10	3	313	<i>H- Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
300	20	1	321	<i>G- Canal muito alterado e com baixo impacto pelo uso</i>
300	20	2	322	<i>H- Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
300	20	3	323	<i>H- Canal muito alterado e com impacto pelo uso do solo</i>
300	30	1	331	<i>I-Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso</i>
300	30	2	332	<i>I-Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso</i>
300	30	3	333	<i>I-Canal muito alterado e com significativo impacto pelo uso</i>

Fonte: Carvalho (2010).

Após a análise dos parâmetros de cada protocolo aplicado, caracterizou-se os 5 pontos analisados e comparou-se os diferentes tipos de alterações fisiográficas presentes no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

#### 4.4. Quarta etapa: Trabalho de Campo

No dia 19 de junho de 2021, foi realizado um trabalho de campo para análise dos canais de drenagem após uma intensa precipitação no dia 18 de junho de 2021. Foi constatada a ocorrência de cheias nos canais de drenagem da bacia, porém não houve registro de inundações.

No dia 04 de agosto de 2021 foi realizado trabalho de campo no bairro Mercês e no residencial Cidade Verde para a realização de entrevistas com os moradores, através do

roteiro disponível no Apêndice C. Realizou-se 9 entrevistas, com a aquisição de alguns registros fotográficos.

Em virtude da pandemia do Covid 19, as visitas em campo foram reduzidas, assim como as entrevistas alcançaram um número reduzido de moradores, porém, em todos os trabalhos de campo, respeitaram-se as medidas de segurança, com o uso de máscaras, álcool em gel e o distanciamento social.

No dia 11 de novembro de 2021 foi realizado outro trabalho de campo na área de estudo, e os protocolos de Carvalho (2010) e Lobo (2011) foram aplicados no primeiro ponto definido da área de estudo e com registros fotográficos.

No dia 19 de novembro de 2021, foi realizado o último campo, com a finalização das etapas de aplicação dos protocolos em todos os pontos selecionados e registros fotográficos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As bacias hidrográficas urbanas são suscetíveis às alterações em seu sistema de drenagem, através do assoreamento dos canais, impermeabilização do solo, retirada da vegetação, poluição dos canais de drenagem por meio do descarte de resíduos sólidos e despejo de efluentes sem nenhum tipo de tratamento adequado, sendo as atividades antrópicas as principais causadoras dessas alterações.

De acordo com Vieira e Cunha (2012), a falta de percepção da maior parte da população sobre o papel da natureza, conjugada ao uso do solo desordenado e ao desmatamento, tem provocado sérias consequências ambientais sendo elas a poluição, a erosão, o assoreamento dos rios e as inundações, afetando diretamente a sociedade.

Com a população em constante crescimento, as ocorrências em razão das consequências ocasionadas por inundações tornaram-se cada vez mais comuns. Diante de tais fatores, realizou-se a análise das características físicas da área de estudo e em seguida análise de uso e cobertura da terra e o fenômeno de inundação no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão, a fim de compreender-se a situação dessas áreas urbanizadas e a relação do ser humano com o meio.

### 5.1 Caracterização Geoambiental do Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão

A Ilha do Maranhão é composta pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa. Está localizada na porção norte do estado e na feição geológico-geomorfológica denominada Golfão Maranhense, abrangendo a Baía de São Marcos e São José. Silva (2012) destaca que o Golfão é um complexo sistema estuarino que contém baías, estuários e várias ilhas, dentre elas, a Ilha do Maranhão. Desembocam neste golfão dois grandes sistemas de drenagem que são o sistema Mearim-Pindaré-Grajaú, na baía de São Marcos e os rios Itapecuru e Munim na baía de São José.

Pereira (2006) discorre que parte integrante da bacia costeira de São Luís foi formada por rifteamento durante o Cretáceo (Eocretáceo-Albiano), a qual se limita a norte pela plataforma continental, a sul pelos Altos Estruturais Arco Ferrer-Urbano Santos, disposto aproximadamente E-W, a leste pelo *Horst* de Rosário a oeste pelo Arco de Tocantins.

De acordo com Rodrigues *et al.* (1994), a sedimentação na Baía de São Luís iniciou-se com os sedimentos do Cretáceo da Formação Itapecuru, Formação Terciário-Paleogeno, Grupo Barreiras e, finalmente, pelos sedimentos recentes da Formação Açuí.

O Grupo Itapecuru foi conceituado por Campbell *et al* (1949), onde estudando a borda oeste da Bacia do Maranhão, identificou a formação supracitada. Inicialmente, chamou de Formação Serra Negra, um ano depois utilizou o termo Itapecuru (GÓES, 1981).

O Grupo litoestratigráfico em questão apresenta conjunto sedimentar formado por siltitos arenosos e argilitos. Segundo Pereira (2006), as litologias que compõem o Grupo Itapecuru foram afetadas por processos de laterização, tendo se desenvolvido um perfil pouco evoluído, com espessura de 3 a 4 m, caracterizando uma cobertura detrítico/laterítica ou pode ser capeada por sedimentos flúvio-lacustres holocênicos das amplas planícies de inundação.

De acordo com o Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil:

O Grupo Itapecuru aflorante na área é constituída de uma litofácies dominante, à qual se associam quatro litofácies dominante, à qual se associam quatro litofácies dominante foi designada de pelitos com laminação plano-paralela (pp) e as subordinadas de : pelitos com geometria sigmoidal (os), pelitos arenosos com estratificação cruzada de baixo ângulo(pac), argilitos tabulares com intercalações de calcário (atc) e arenitos finos com grânulos de quartzo (af) (PROGRAMA DE LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL, 2000, p.13).

Já o Grupo Barreiras data do Mioceno até o Plioceno-Pleistoceno e estende-se ao longo do litoral brasileiro, recobrando depósitos sedimentares mesozoicos de algumas bacias costeiras. Sá (1969) define o Grupo Barreiras como o conjunto sedimentar superposto, caracterizado genericamente por depósitos siliciclásticos de cores variegadas.

De acordo com o Programa de Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil (2000), o Grupo Barreiras é constituído de três unidades de fáceis: conglomerática (C), arenosa (A) e pelítica (P). [...] E está situada sobre unidades mais antigas do Pré-Cambriano até o Paleogeno, sendo recoberta pelos sedimentos de idade Quaternária. O Grupo Barreiras aflora, predominantemente, na Ilha do Maranhão, nas falésias, colinas, encostas e topos de tabuleiros. A espessura não excede 30 metros, sobrepondo-se a unidades mais antigas do Pré-Cambriano, Cretáceo e Terciário Paleogeno (PEREIRA, 2006).

A Formação Açuí, de acordo com Rodrigues *et al* (1994) compreende sedimentos arenosos inconsolidados, argilosos não adensados e de mangue que preenchem as partes topograficamente mais baixas e pelas areias de praias e das dunas móveis da faixa litorânea atual.

Por ser a formação estratigráfica mais recente, a Formação Açuí é composta de sedimentos quaternários, localizados principalmente em ambientes fluviais, fluvio-marinhos, planícies de inundação e ambientes litorâneos.

A Ilha do Maranhão apresenta planícies fluviais, colinas esparsas e tabuleiros como principais formas de relevo. Pereira (2006) enfatiza que na referida ilha são encontradas algumas formas de relevo características do Estado, as quais se apresentam nas faixas de baixas altitudes (0-5 m), como é o caso das planícies flúvio-marinhas, formadas por extensivos mangues; nos níveis de 20 a 30 metros, as suaves colinas; e nas altitudes maiores, 40 a 60 metros, têm – se a presença dos tabuleiros. Sendo assim, pode-se destacar que os relevos de maiores altitudes na Ilha do Maranhão chegam a aproximadamente 60 metros.

Os aspectos estratigráficos da Ilha do Maranhão foram apresentados como forma de compreender as formações geológicas da área de estudo, assim como é importante compreender os aspectos físicos.

Para melhor compreensão da análise do sistema de drenagem da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão identificou-se os níveis de hierarquia dos canais fluviais, que para Christofolletti (1980), a hierarquia fluvial consiste no processo de classificação de curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra.

Para a pesquisa foi utilizada a classificação de Strahler (1952), onde a área de estudo apresenta 26 canais fluviais, em maior quantidade os canais de primeira ordem obtendo 18 canais, destacando-se as áreas com relevo de maior declividade, apresentado colinas esparsas, o que influencia em uma maior dinâmica superficial dos canais (TABELA 3).

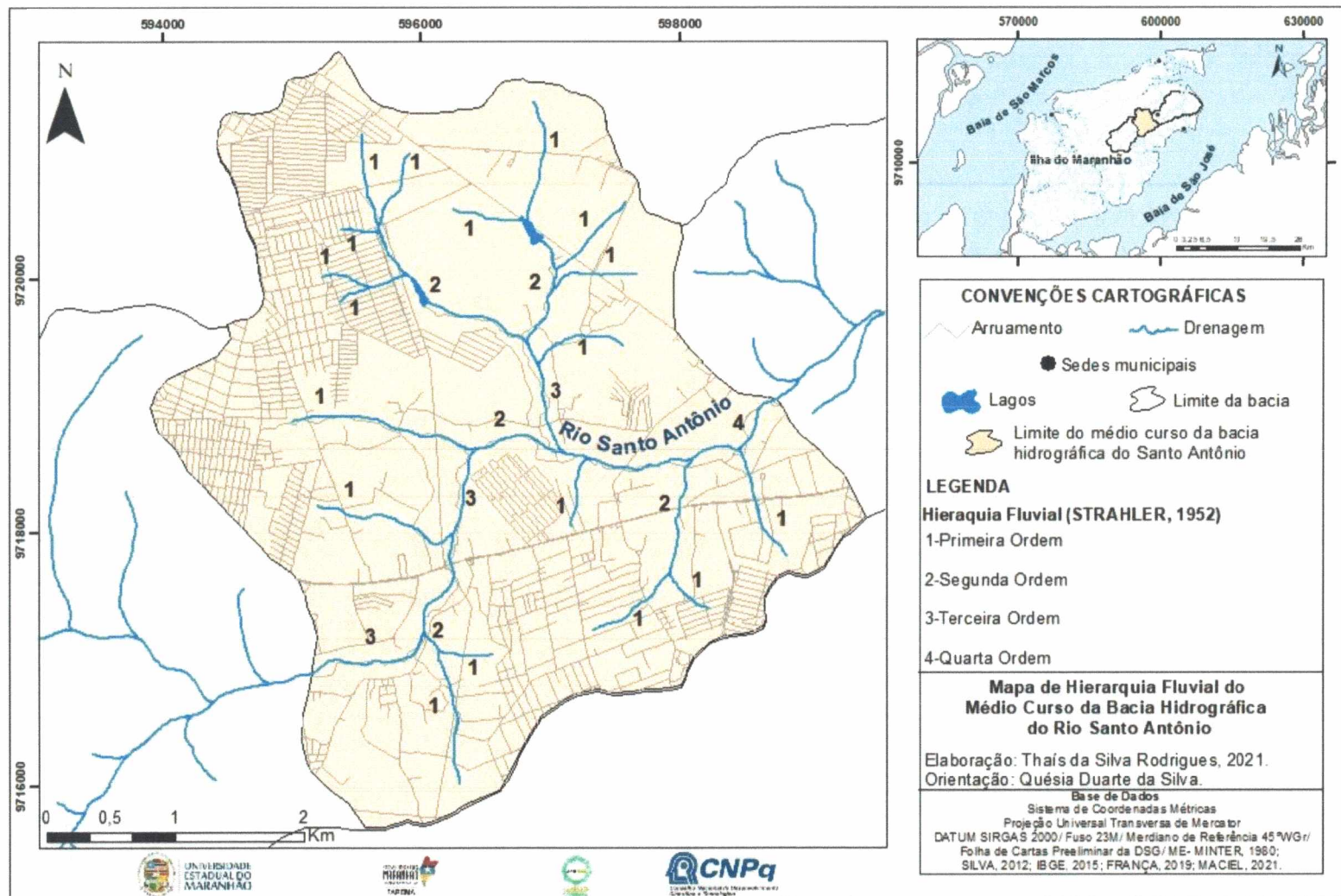
**Tabela 3** - Hierarquia fluvial do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão

Hierarquia Fluvial Strahler (1952)	Quantidade de Canais
1ª Ordem	18
2ª Ordem	5
3ª Ordem	2
4ª Ordem	1
Total	26

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

A área de estudo apresentou 5 canais de segunda ordem, sendo 2 canais de terceira ordem e somente 1 canal de quarta ordem, sendo ele o canal principal da bacia hidrográfica do Santo Antônio (FIGURA 11).

**Figura 11** - Mapa de hierarquia fluvial do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).



No que tange a análise hipsométrica da área de estudo, Christofolletti (1980) destaca que a hipsometria se preocupa em estudar as inter-relações existentes em determinada unidade horizontal de espaço no tocante a sua distribuição em relação às faixas altitudinais, indicando a proporção ocupada por determinada área da superfície terrestre em relação às variações altimétricas a partir de determinada isoípsa base.

Vale ressaltar que a hipsometria possui relação com a dinâmica da água na bacia hidrográfica, pois a água da chuva tende a escoar da parte mais alta do relevo ondulado, forte ondulado, montanhoso e forte montanhoso para a parte mais baixa e infiltrar em relevo plano ou suave ondulado (MACEDO, 2018).

Na Tabela 4, são apresentados os dados hipsométricos do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

**Tabela 4**-Classes hipsométricas da área de estudo

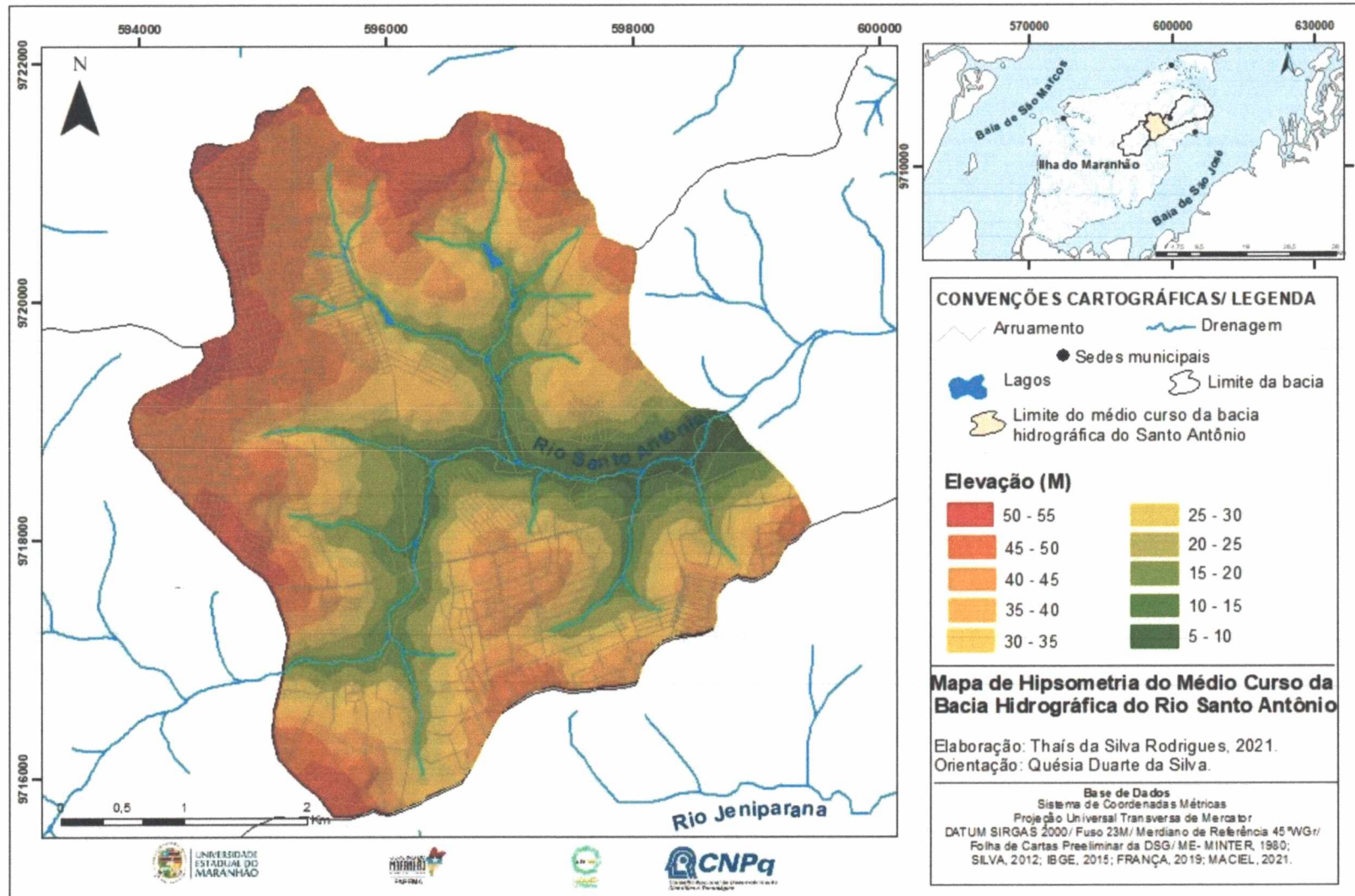
<b>Classes (m)</b>	<b>Valor Absoluto (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Relativo (%)</b>
50 -55	0,28	1,45
45 - 50	0,84	4,36
40 - 45	1,81	9,40
35 - 40	2,15	11,16
30 - 35	2,61	13,55
25 - 30	3,71	19,32
20 - 25	3,34	17,35
15 - 20	3,06	15,89
10 - 15	1,33	6,90
5 - 10	0,12	0,62
<b>Total</b>	<b>19,15</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

As classes que apresentam maiores elevações altimétricas ocupam 1,45% da área de estudo, apresentando elevações de 50 a 55 metros de altitude. Os intervalos que possuem maior percentual hipsométrico são as classes de 15 a 40 metros de altitude, que abrange 77, 22% da área e ocupa a região norte e leste da bacia, indicando a presença de canais de primeira e segunda ordem.

O menor percentual hipsométrico é de 0, 62%, definindo a área de estudo entre 5 e 10 metros de altitude. Abrange a área onde está localizado o canal principal, sendo caracterizada como áreas de planícies de inundação (FIGURA 12).

**Figura 12** - Mapa hipsométrico do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Para análise da declividade, têm-se por definição as formas de inclinação de um terreno, assim como, os processos denudacionais que podem ocorrer no mesmo. Pereira (2006) enfatiza que a declividade da bacia controla a velocidade do escoamento superficial, afetando o tempo de concentração da rede de drenagem da bacia. A magnitude dos picos de enchente depende da velocidade do escoamento superficial da bacia, podendo dinamizar processos de infiltração ou erosão.

Para Villela e Matos (1975), a declividade dos terrenos de uma bacia controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial, afetando o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que compõem a rede de drenagem (TABELA 5).

**Tabela 5** - Classes de declividade da bacia hidrográfica do médio curso do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão

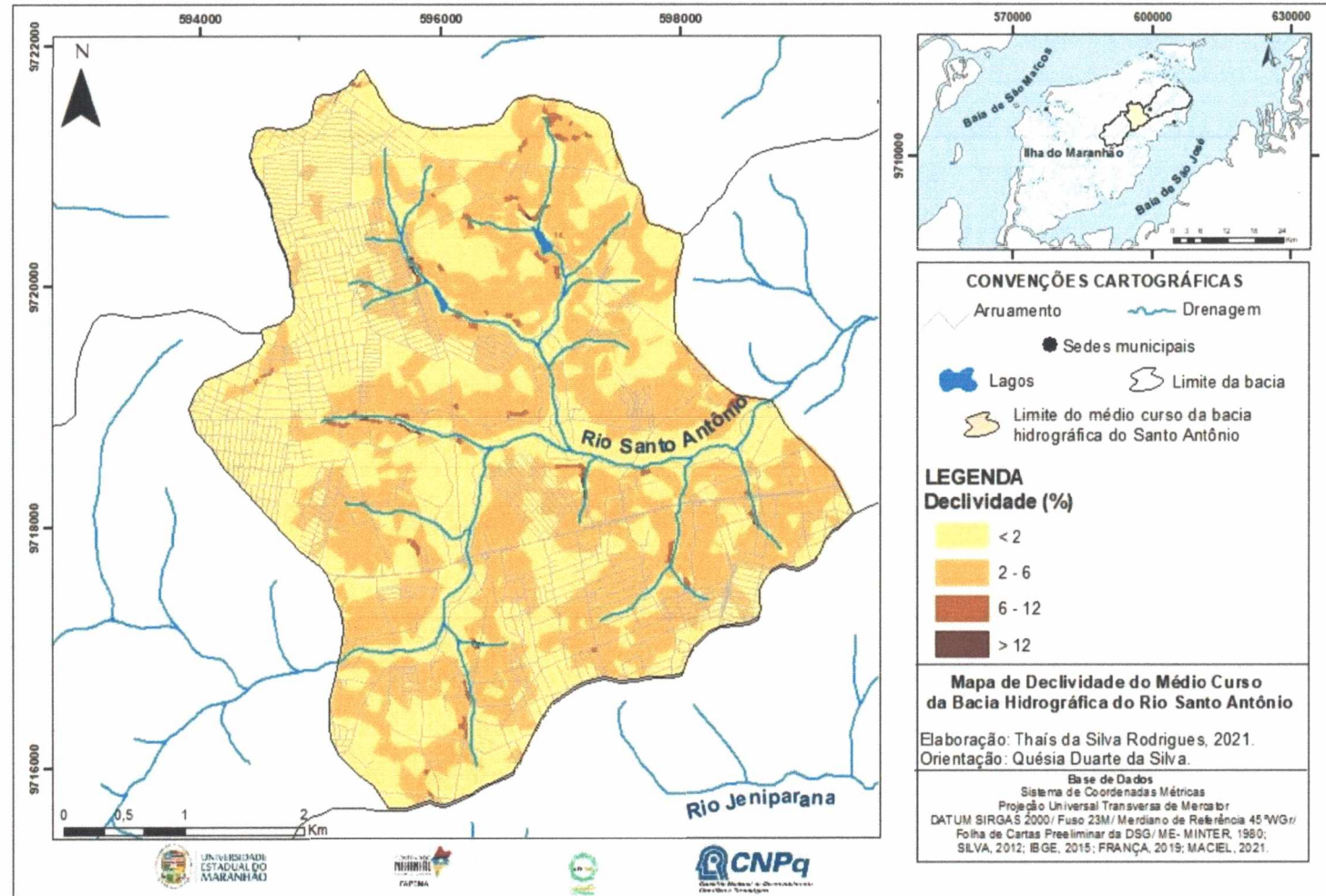
Classes	Valor Absoluto (km <sup>2</sup> )	Valor Relativo (%)
< 2	1,68	8,72
2 – 6	5,73	29,76
6 – 12	8,31	43,19
>12	3,53	18,33
<b>Total</b>	<b>19,25</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Própria da pesquisa (2020).

O médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresenta a classe de declividade < 2 abrangendo 8,72 % da área, sendo caracterizada por uma declividade baixa, de planícies inundáveis e indicando um maior tempo da água no solo (acúmulo). A declividade 2 > 6, indica cerca de 29,76% da área de estudo, destacando-a com um relevo mais suave e por conseguinte aumenta o tempo de infiltração diante do acúmulo de água no terreno (FIGURA 13).

Em relação às áreas que apresentam declividade de 6 > 12 e de 12>, seus relevos são moderados, apresentam colinas esparsas e tabuleiros, são mais suscetíveis aos processos erosivos e ao aumento da velocidade do escoamento superficial dos canais de drenagem.

Figura 13 - Mapa de declividade do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Outro fato de importante compreensão é o estudo das vertentes, pois, é através dele que se pode compreender a dinâmica da bacia hidrográfica. Veloso (2002), define as vertentes como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal. Desta maneira uma vertente possui um gradiente, dando uma direção ou orientação no espaço.

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). Para Young (1972) as vertentes são responsáveis pela fisionomia geral do relevo de uma determinada área. Segundo Guerra e Guerra (1997), as vertentes são planas de declives variados que divergem das cristas ou interflúvios enquadrando o vale. Também podemos afirmar que uma vertente é simplesmente um fragmento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, obtendo um gradiente, um vetor orientado no espaço. As vertentes côncavas representam 3,79% da área estudada, e favorece a confluência do fluxo d'água, o que contribui para o fenômeno de inundação, estando localizadas em sua maioria próximas aos canais de primeira e segunda ordem da área de estudo (TABELA 6).

**Tabela 6 - Formas de curvatura vertical da superfície da área do médio curso do rio Santo Antônio**

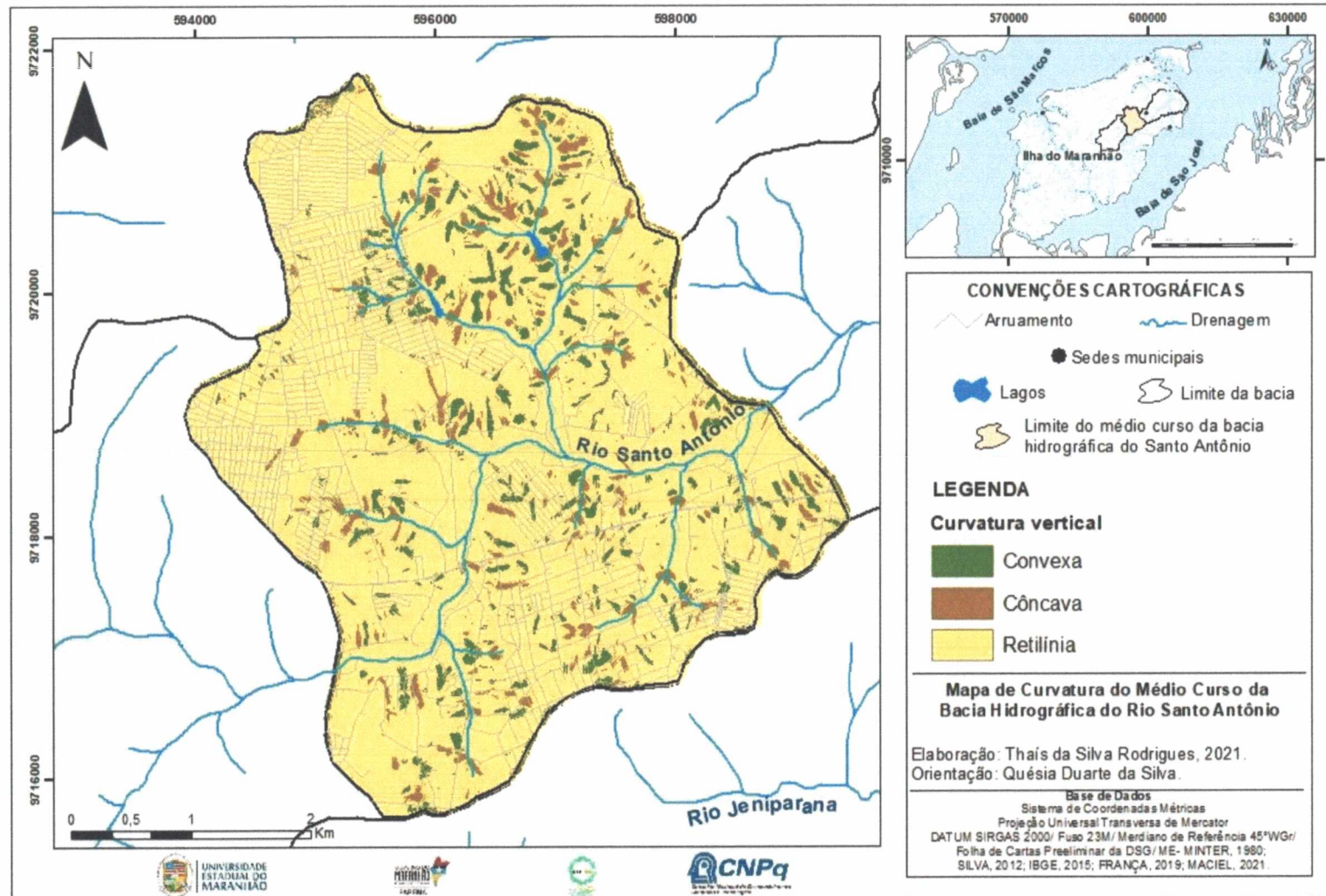
<b>Classes</b>	<b>Valor Absoluto (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Relativo (%)</b>
Côncava	0,73	3,79
Convexa	0,48	2,49
Retilínea	18,04	93,72
<b>Total</b>	<b>19,25</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Própria da pesquisa (2020)

As vertentes com características convexas representam 2,49% da área de estudo e facilitam o transporte de cargas nos leitos. Dessa maneira, as atividades antrópicas ocorrentes nessas regiões podem contribuir para a dispersão de cargas poluentes nos canais de drenagem, principalmente por residirem nas áreas próximas aos canais fluviais.

Como resultado da análise da curvatura do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, identificou-se 93,71% da área com vertentes retilíneas, ou seja, apresenta relevo mais plano, o que contribui para o aumento das ocupações urbanas, assim como, alterações dos canais fluviais (FIGURA 14).

Figura 14 - Mapa de curvatura vertical da superfície do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Diante da análise dos aspectos geomorfológicos da Ilha do Maranhão, pode-se destacar que as unidades de relevo do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio são os tabuleiros com topos planos, colinas esparsas e planícies fluviais, onde 15, 22% do relevo é composto por áreas tabulares, com altitudes variando entre 40 e 60 metros.

As colinas esparsas, de acordo com Pereira (2006) representam as porções do tabuleiro que sofreram dissecação no decorrer do tempo geológico e ainda preservam seu topo relativamente aplainado com encostas brandas a íngremes. Em dimensões areais, as colinas esparsas são as unidades de relevo que possuem maior percentual de ocupação na área de estudo, chegando a representar 44% da localidade, com altitudes variando em torno de 20 a 30 metros (TABELA 7).

**Tabela 7 - Unidades de relevo do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio**

<b>Classes</b>	<b>Valor Absoluto (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Relativo (%)</b>
Tabuleiros com topos planos	2,93	15,22
Colinas esparsas	8,47	44,01
Planície fluvial	7,85	40,77
<b>Total</b>	<b>19,25</b>	<b>100,00</b>

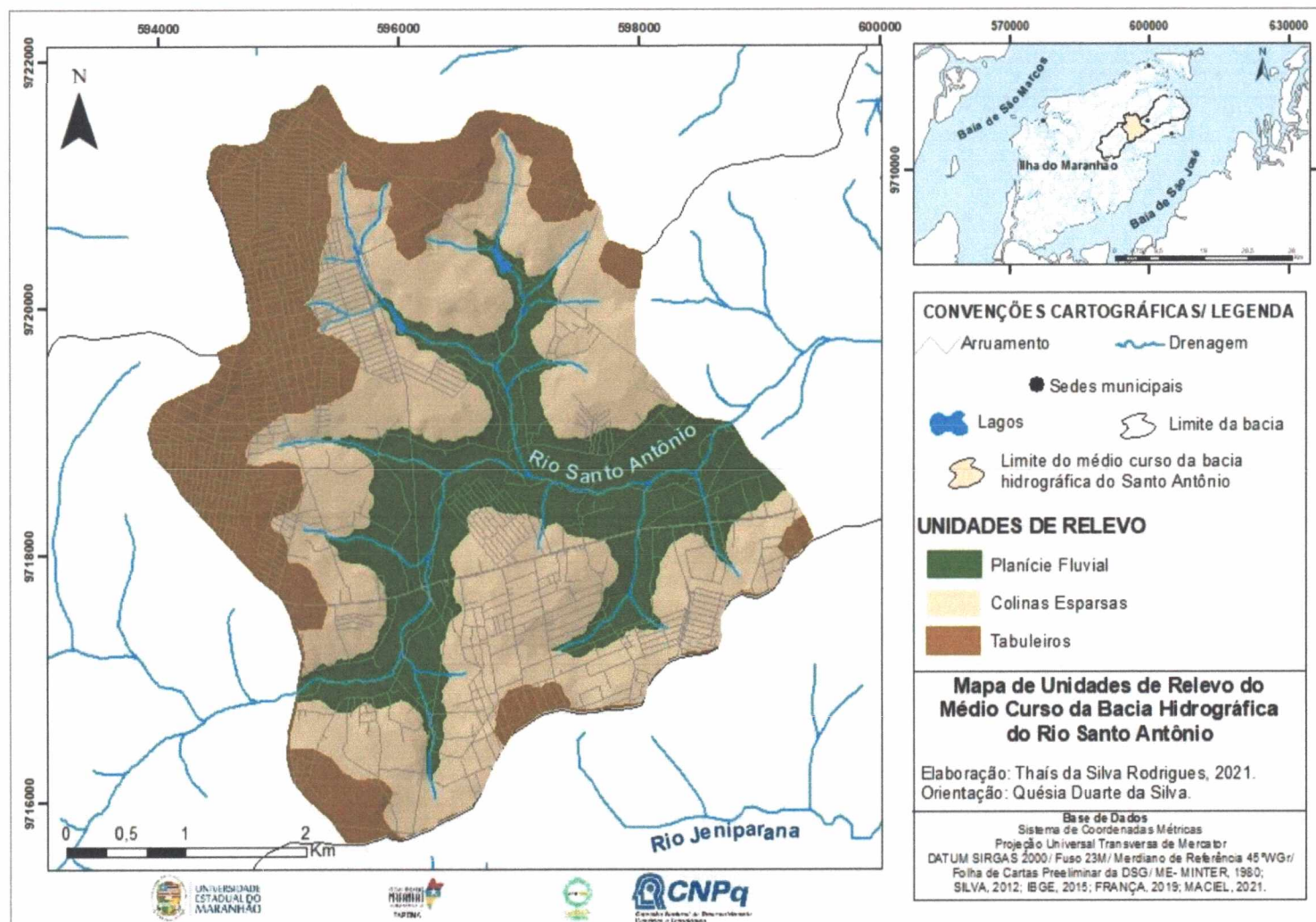
Fonte: Própria da pesquisa (2020).

As planícies fluviais são caracterizadas por serem áreas planas e geologicamente na área de estudo correspondem aos depósitos aluvionares e coluvionares. Rodrigues (2015) conceitua planícies fluviais da seguinte maneira:

Um sistema geomorfológico caracteristicamente aplanado, localizado em fundos de vale, apresentando canais fluviais únicos ou múltiplos, planícies de inundação e seus subcompartimentos, podendo ou não apresentar terraços fluviais, diques, lagos, e outras morfologias características, geradas a partir de dois conjuntos básicos de processos geomorfológicos, hidrológicos e sedimentológicos. (RODRIGUES, 2015, p.323-347).

De acordo com Silva (2012), na Ilha do Maranhão as planícies fluviais possuem altitudes médias em torno de 10 a 20 metros com declividades de 0 a 6%. No médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, tal morfologia corresponde a 40,77% da área total, caracterizando a área de estudo com relevos planares e/ou de baixas altitudes (FIGURA 15).

Figura 15 - Mapa de unidades do relevo do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).



## **5.2 Dinâmica dos Tipos de Uso e Cobertura da Terra no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão**

Entender a dinâmica da bacia hidrográfica é analisar seus tipos de uso e cobertura da terra, a relação dos tipos de uso e em como esses fatores alteram os canais de drenagem, acarretando assim problemas urbanos com as enchentes e inundações. A caracterização do uso e cobertura da terra tem grande relevância pela necessidade de garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas a ele relacionadas e trazidas à tona no debate sobre o desenvolvimento sustentável (RODRIGUES E LEITE, 2017).

Com o intenso processo de urbanização, as áreas localizadas na planície fluvial da bacia hidrográfica do Santo Antônio foram ocupadas, assim como áreas consideradas inapropriadas para moradia, surgindo assim, os problemas como as inundações, devido à impermeabilização do solo, poluição dos canais fluviais, desmatamento, surgimento de doenças infectocontagiosas, entre outros.

- a) De acordo o Decreto Estadual 34.847 de 14 de maio de 2019, regulamentado pela Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004 da Política Estadual de Recursos Hídricos e sobre o Sistema Estadual de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos evidencia requisitos para a gestão dos mananciais. Tendo como ações Preservação: ação de prevenção contra destruição e qualquer forma de dano ou degradação de um recurso natural;
- b) Proteção: ação destinada a resguardar o recurso natural;
- c) Uso de recursos hídricos: toda e qualquer atividade que altere as condições qualitativas e quantitativas, bem como o regime das águas superficiais, ou que interfiram em outros tipos de usos.

A legislação vigente tem como finalidade a conservação dos mananciais e como análise das atividades ocorrentes no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio utilizou-se o mapa de uso e cobertura para diagnosticar as alterações ocorridas no ambiente.

Para o mapa de uso e cobertura da terra foram destacadas três classes, a primeira sendo solo exposto, o segundo urbano e a terceira vegetação, onde foi identificado o percentual de 31,28% da área de solo exposto, podendo ter como causa a retirada de cobertura vegetal atividades antrópicas e fenômenos naturais como as chuvas, causando processos erosivos. As áreas urbanas apresentaram um percentual de 21,65% indicando uma grande quantidade de condomínios residenciais na área. Causando assim o assoreamento de alguns canais de 1º ordem (FIGURA 16).

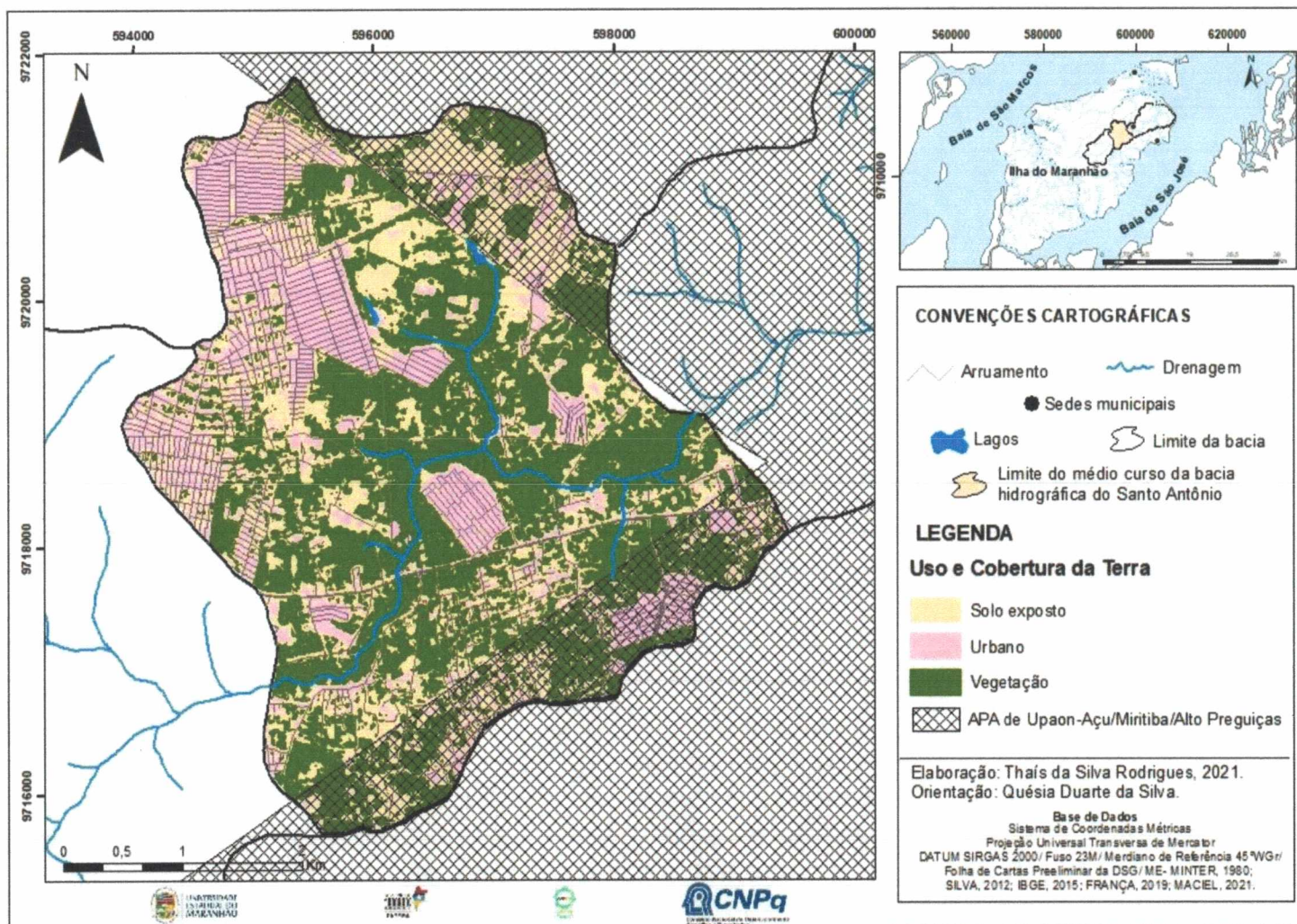
As áreas com vegetação apresentaram 47,04% da área total, apresentando um maior percentual em relação às outras classes, porém, as áreas que apresentam solo exposto são altas, podendo ser utilizadas para a especulação imobiliária na região.

Foram identificadas áreas de Unidades de Conservação (UC) estadual pertencentes à Área de Proteção Ambiental (APA) Upaon-Açú/ Miritiba/ Alto Preguiças criada pelo Decreto de nº 12.428 de 05 de junho de 1992, que abrange os municípios de Humberto de Campos (antigo Miritiba), Axixá, São Benedito do Rio Preto, Icatu, Urbano Santos, Santo Amaro do Maranhão, Rosário, Itapecuru Mirim, Cachoeira Grande, Primeira Cruz, Presidente Juscelino, Bacabeira, Santana do Maranhão, Morros, Santa Quitéria do Maranhão, Barreirinhas, Belágua, Santa Rita, São José de Ribamar, Paço do Lumiar, Raposa e São Luís. Tendo como objetivo à proteção da fauna e da flora e manutenção dos ecossistemas presentes nas áreas.

Entretanto, com o aumento da especulação imobiliária a área pertencente à APA localizada no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresenta um crescente adensamento populacional, alterando assim as vegetações e os mananciais presentes. Por conta da saturação de áreas na capital São Luís, a quantidade de edificações construídas nas adjacências cresce constantemente. Afetando assim, áreas de mananciais, tendo como principal causa o assoreamento dos canais de drenagem.

Segundo Martins (2010), a presença de áreas protegidas legalmente implica no impedimento de ações degradantes, como o corte, a exploração, a supressão da vegetação, ou qualquer outro tipo de agressão ambientalmente danoso a esse espaço.

**Figura 16 -** Mapa de uso e cobertura da terra do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O médio curso da bacia hidrográfica apresenta um crescente aumento nas taxas de densidade de edifícios, por apresentar ainda elevadas áreas de vegetação estão cada vez mais adquirindo interesse de grandes construtoras. Pois a região está sendo caracterizada com grande quantidade de condomínios residenciais de setores privados.

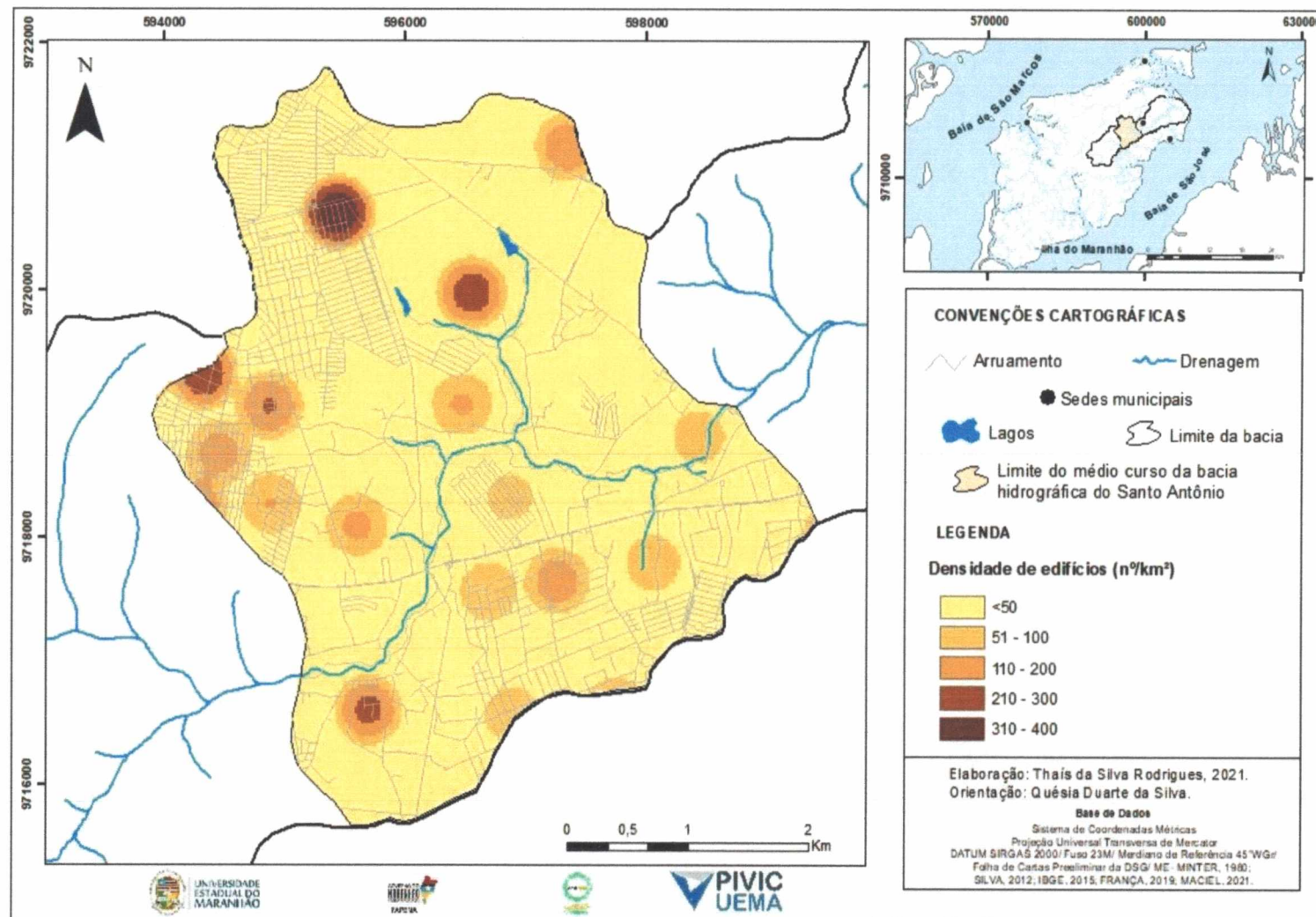
Para o mapa de densidade de edifícios foram identificadas altas densidades nas áreas pertencentes à APA, onde os números de condomínios são de 50 a 300. Indicando o uso intensivo da terra de forma a contribuir para as modificações dos canais, ocasionalmente o a compactação do solo afetando a sua infiltração e aumentando o escoamento superficial (FIGURA 17).

Sendo assim, o planejamento territorial tem papel fundamental para o equilíbrio do crescimento urbano e os canais de drenagem. Silveira e Bueno (2013) enfatizam que para o planejamento ser bem-sucedido é importante o estudo do território, da região e do local onde a está inserida, tanto para os aspectos macro e micros ambientais e sociais.

Para a realização de atividades em uma Área de Proteção Ambiental, é necessário um gerenciamento das diretrizes da Unidade de Conservação, em virtude da conservação da unidade. O que se pôde observar na área de estudo é que os tipos de ocupações e seus usos afetaram diretamente os canais de drenagem, principalmente dos canais de 1º ordem.

As bacias hidrográficas urbanas são comumente associadas ao descarte de resíduos sólidos e despejo de efluentes. Com o crescimento das cidades, os canais de drenagem foram desaparecendo no meio, sendo assoreados, canalizados e alterados. O advento da urbanização naturalmente promoveu novos arranjos espaciais, entretanto o seu desenvolvimento desigual favoreceu o surgimento de cidades com diversos problemas socioambientais, especialmente os oriundos da convivência com os canais urbanos (FUJIMOTO, 2002).

Figura 17 - Mapa de densidade de edifícios do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Para análise da situação atual do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, foi elaborado um mapa comparativo de drenagem, tendo como referência a drenagem do ano de 1980 e do ano de 2020.

A drenagem de 1980 do canal apresenta extensas ramificações, com presença de canais de primeira, segunda, terceira e quarta ordem em relação a sua hierarquia fluvial. Porém compreende-se que a urbanização na área era acentuada, não prejudicando de forma direta a drenagem do canal.

Em relação à drenagem atual, do ano de 2020, a perda de canais foi significativa. Os principais afetados foram os canais de primeira ordem, onde muitos foram assoreados, principalmente ao norte da bacia hidrográfica.

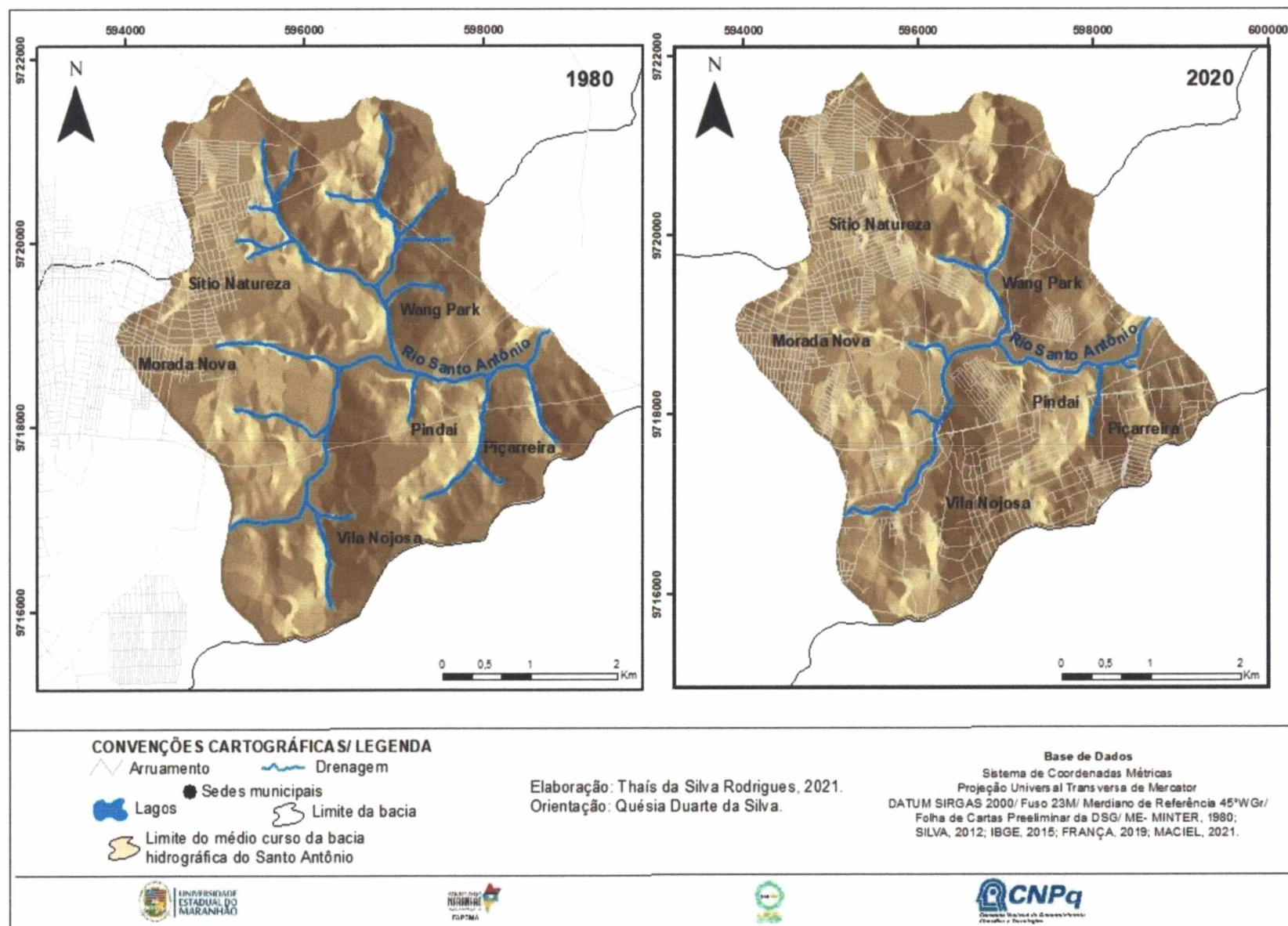
Observa-se que em comparação ao mapa de uso e cobertura as áreas que apresentaram os canais de primeira ordem, estão todas urbanizadas, o que as tornam suscetíveis ao fenômeno de inundações, em decorrência da modificação do sistema de drenagem da bacia hidrográfica (FIGURA 18).

Nota-se que as ocupações na bacia hidrográfica estão em torno do canal principal do rio Santo Antônio, porém com as alterações na dinâmica natural da bacia, toda a sua drenagem é afetada. Intensificando assim, a ocorrência dos fenômenos.

Os sistemas de drenagem nas áreas urbanizadas estão perdendo espaço. Na área de estudo, a especulação imobiliária trouxe diversos transtornos com o assoreamento e a canalização dos canais, não somente para a população que reside próxima especificamente ao canal fluvial.

Compreende-se que em um intervalo de tempo de 40 anos, todo um sistema de drenagem foi alterado e atualmente continua em processo de alteração. Fato esse que destaca a necessidade de um planejamento territorial e ambiental, para a conservação dos canais fluviais, essencialmente no período chuvoso, quando ocorrem maiores alterações na dinâmica dos canais.

Figura 18 - Mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020 do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Um dos principais fatores que definem o comportamento da bacia e como as alterações antrópicas afetam a sua drenagem é o fator climático. De acordo com os níveis de precipitações e a intensidade das alterações antrópicas, o sistema de drenagem tem seu comportamento modificado, o que pode causar transtornos recorrentes e/ou irreversíveis.

O fator climático da Ilha do Maranhão sofre influência por sua posição latitudinal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o que causa variação pluviométrica nos meses de abril e maio com maior intensidade. Nimer e Brandão (1989), explicam que essa depressão barométrica posicionada no Hemisfério Norte, na altura do paralelo 5° N ao penetrar no Maranhão no sentido noroeste-sudeste, adquire grande importância no regime pluviométrico, a partir do verão e, principalmente, no outono, quando ocorrem as chuvas abundantes e diárias.

Destaca-se também que estão presentes na configuração climática da Ilha os ventos Alísios, os ventos locais (brisa marítima e terrestre), fenômenos cíclicos como El Niño<sup>7</sup> e La Niña<sup>8</sup> e as manifestações oceânicas do Dipolo do Atlântico (TSM- Temperatura da Superfície do Mar) (PINHEIRO, 2017).

Outro sistema importante que atua na área são as Linhas de Instabilidade (IT), que se formam principalmente nos meses de verão no Hemisfério Sul (dezembro a março), encontra-se ao sul da Linha do Equador influenciando as chuvas no litoral Norte e Nordeste e regiões adjacentes e ocorrem no período da tarde e início da noite (ARAÚJO, 2014).

Para Sousa (1993), a relação da energia solar e a baixa latitude, a continentalidade ou maritimidade, em interação com os sistemas locais e regionais da circulação atmosférica, tornam o clima maranhense bastante complexo, embora reflita-se muito mais na variedade climática do ponto de vista pluviométrico do que de diferenciações térmicas.

De acordo com a classificação de Strahler (1952), a Ilha do Maranhão se enquadra no tipo Litorâneo úmido que abrange parte do território brasileiro próximo ao litoral. A massa de ar que exerce maior influência nesse clima é a Tropical Atlântica (mTa) e pode ser notado em duas principais estações: verão (chuvoso) e inverno (menos chuvoso), com médias térmicas e índices pluviométricos elevados e um clima quente e úmido (ARAÚJO, 2014).

---

<sup>7</sup> Evento atmosférico-oceânico onde ocorre o aquecimento das águas do Pacífico, o que causa alterações no clima global.

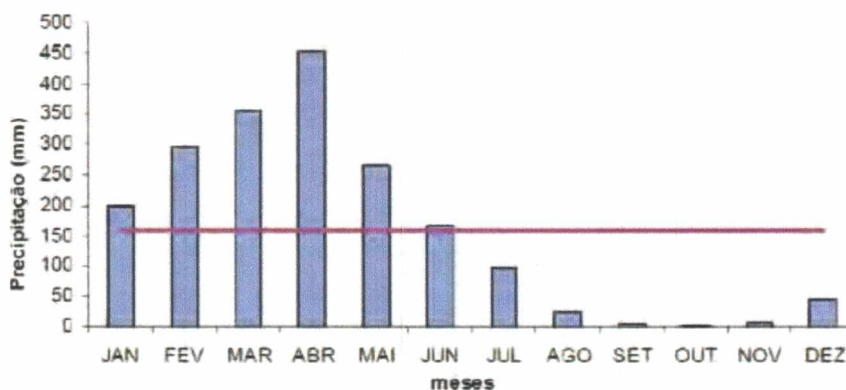
<sup>8</sup> Evento atmosférico-oceânico que ocorre o resfriamento das águas do Pacífico, causando alterações nos níveis de precipitações globais.



Os períodos em que as precipitações são mais intensas na Ilha do Maranhão são de janeiro a junho, conhecido popularmente como “período chuvoso” e de julho a dezembro, conhecido como “período seco”, onde os níveis de chuva são baixos.

Segundo Silva (2012) a média de precipitações mensais dos anos de 2000 a 2009 de São Luís foi de, 2.325 mm, afirma-se que 68,7% do total das precipitações anuais, estão distribuídos no período de fevereiro a maio de cada ano, com um total acumulado de 1.596 mm e apresentando totais mensais de janeiro a julho, sempre superiores a 100 milímetros (FIGURA 19).

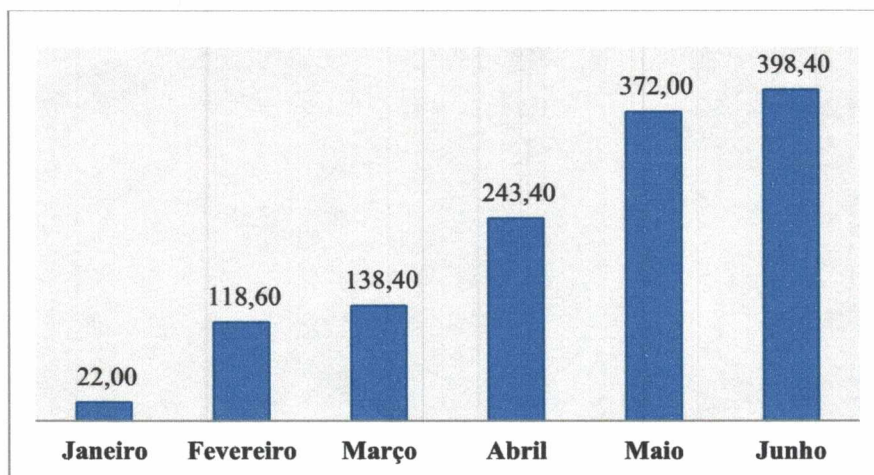
**Figura 19** - Média de precipitações mensais dos anos de 2000 a 2009 de São Luís



Fonte: Silva (2012).

De acordo com os dados observados pelo INMET, o primeiro semestre do ano de 2020, o índice de precipitação da Ilha do Maranhão foi de 372, 00 mm e 398, 40 mm nos meses de maio e junho respectivamente. O mês que apresentou índice mais baixo foi o mês de janeiro com apenas 22, 00 mm, em decorrência do período de transição do período seco para o chuvoso (FIGURA 20).

É no período chuvoso que os transtornos em áreas que possuem bacias hidrográficas acontecem, pois, com o aumento dos níveis de precipitação, ocorre o aumento da vazão dos canais, as cheias dos leitos, que geralmente são alterados, com as atividades antrópicas, principalmente com a presença de moradias.

**Figura 20**-Precipitação total da Ilha do Maranhão (mm), 2020

Fonte: INMET. Adaptador por: Rodrigues (2021).

Portanto, a compreensão geomorfológica e climática da bacia hidrográfica é de suma importância para entender o sistema fluvial, sua dinâmica e realizar a análise das suas alterações e as consequências das alterações antrópicas na mesma. Assim, se faz necessário entender como essas alterações nos canais afetam tanto a bacia quanto o meio urbano, onde se têm por estudo, os fenômeno de inundação sendo naturais e que podem causar transtornos nesse meio.

### 5.3 Análise das Áreas com Ocorrências do Fenômeno de Inundação na Área de Estudo

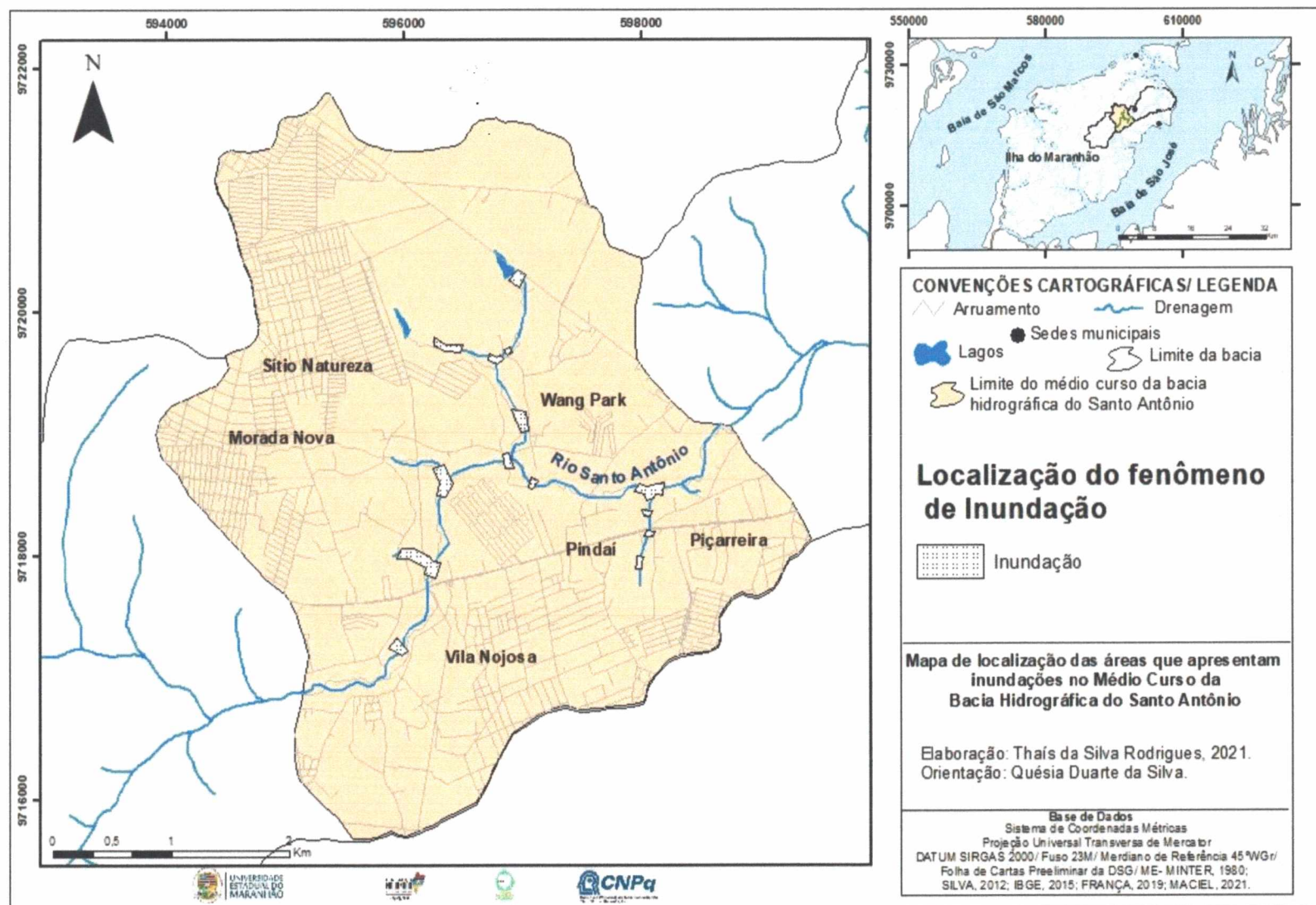
Analisar a dinâmica natural de uma bacia hidrográfica é fundamental para a compreensão da relação social e ambiental. Zanella *et al.* (2013) destaca que a bacia hidrográfica corresponde a uma unidade de planejamento ambiental, pois permite conhecer os componentes, processos e interações que nela ocorrem, com intuito de subsidiar um ordenamento territorial pautando sobre princípios da sustentabilidade.

Ao longo dos anos, os problemas relacionados aos fenômenos de inundações no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio tornaram-se mais frequentes e intensos em decorrência das ações do ser humano na localidade. Chioqueta (2011) destaca que a urbanização descontrolada, impermeabiliza o solo em locais onde a infiltração das águas deveria ocorrer, gerando assim um volume maior de escoamento superficial.

Fragoso e Silva (2019) enfatizam que no meio urbano, as inundações se manifestam em forma de calamidade, dada à falta de racionalidade na ocupação e do gerenciamento do espaço urbano.

Os pontos que apresentaram maiores ocorrências do fenômeno de inundação foram os localizados próximos aos condomínios residenciais e localidades próximas a esses condomínios, essas áreas apresentaram grandes alterações urbanas nos canais de drenagem (FIGURA 21).

Figura 21 - Mapa de localização do fenômeno de inundação do médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, Ilha do Maranhão



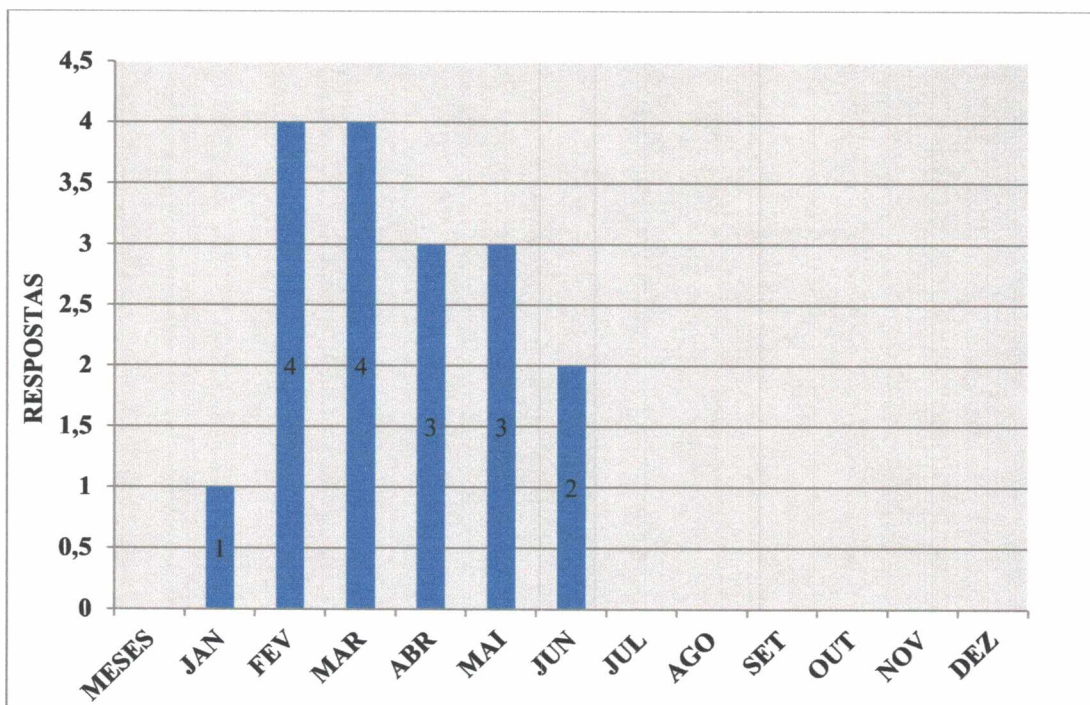
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Como análise de identificação do perfil das famílias residentes em torno dos canais de drenagem, foram realizadas entrevistas com 9 moradores de duas localidades, Mercês e o Residencial Cidade Verde. Sendo analisados as suas experiências com os fenômenos em questão.

Foram entrevistados moradores com tempo de moradia variando de 57 anos a 5 meses, de ambos os sexos e idades variadas. Como primeira pergunta foi questionada se já presenciaram alguma ocorrência de ou inundação, todos os entrevistados responderam que sim.

No segundo momento foram questionados quais eram os meses que apresentaram maior ocorrência dos fenômenos, as respostas variaram entre os meses de janeiro e junho, sendo os mais indicados os meses de fevereiro e março (FIGURA 22).

**Figura 22-** Meses com maiores ocorrências de enchentes e inundações – 2021

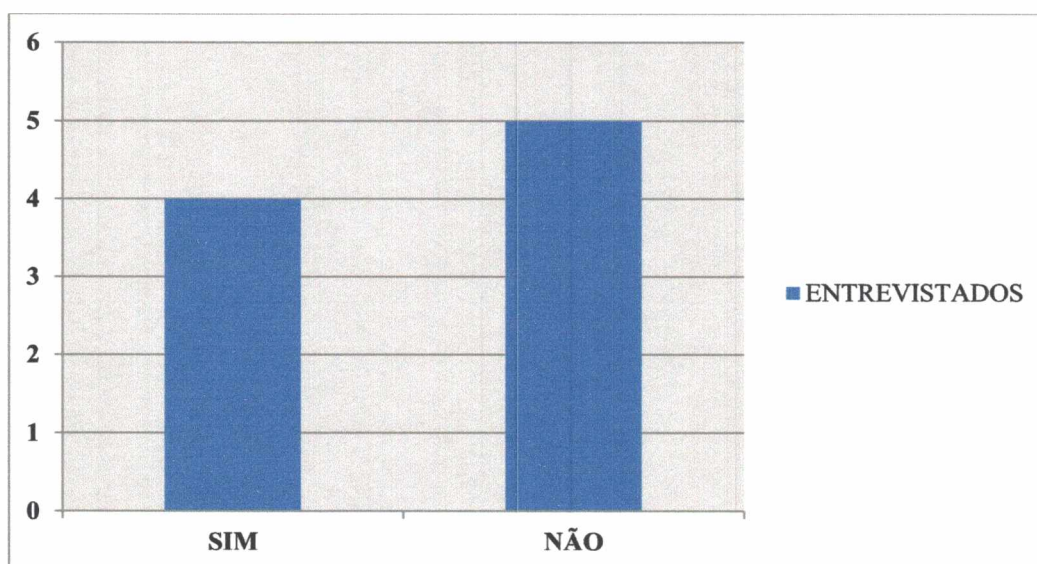


Fonte: Própria da pesquisa (2021).

De acordo com o Laboratório de Meteorologia da Uema (LabMet), o mês de fevereiro de 2021 obteve volume de precipitação acima dos 300 mm na Ilha do Maranhão, por influência direta da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O mês de março foi definido como o mais chuvoso, apresentando índice pluviométrico acima de 400 mm, sendo marcado por precipitações acima do normal.

Dos 9 entrevistados, 40% tiveram suas residências atingidas pelo fenômeno estudado, ambos são residentes da localidade Mercês, possuem moradia próxima ao canal de drenagem e os outros 60% são residentes do residencial Cidade Verde, não tiveram suas residências atingidas pelo fenômeno (FIGURA 23).

**Figura 23-Residências atingidas por inundação**



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

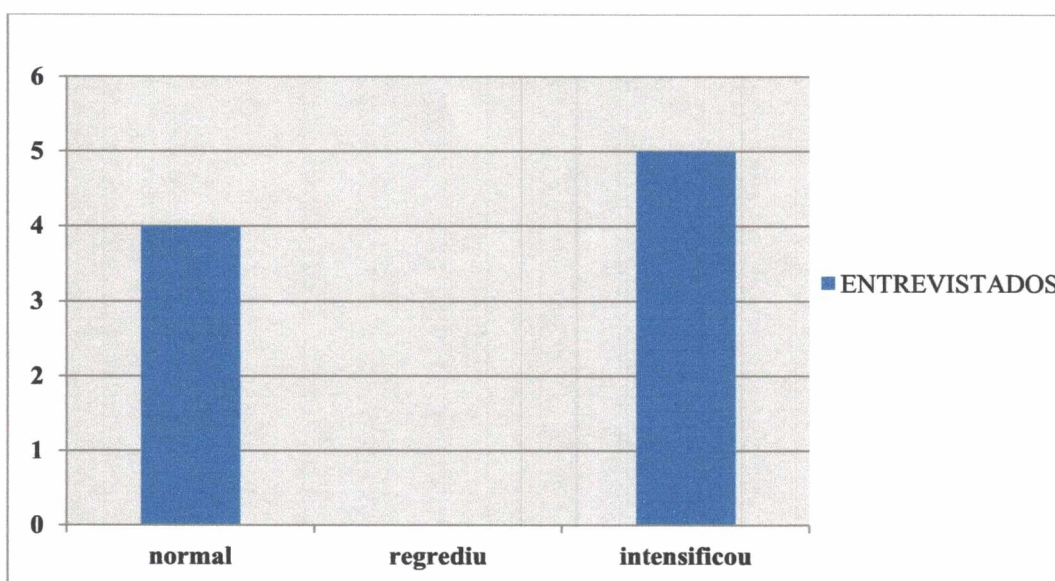
Foi questionado qual foi o ano com maior intensidade do fenômeno de inundação, de acordo com os entrevistados foram os anos de 2020 e 2021. Por conseguinte, aos que tiveram suas residências atingidas, perguntou-se a altura máxima que a inundação atingiu as casas, os níveis variaram de 20 cm a 1 m. Os níveis obtiveram variação em decorrência da proximidade das residências dos canais, quanto mais próxima do leito do canal, maior foi o nível de água na residência ou em torno dela.

Todos os entrevistados alegaram que não tiveram nenhuma perda material, uma entrevistada alegou que recebeu ajuda dos vizinhos para evitar a perda de seus objetos pessoais. Por residir próxima ao canal, a mesma alega que já se prepara para o período chuvoso, colocando os móveis e objetos em áreas mais altas ou ficando na casa de algum familiar.

Em resposta à pergunta relacionada à ocorrência de alguma fatalidade em virtude do fenômeno, todos os entrevistados alegaram que não presenciaram nenhum fato relacionado. Questionou-se a situação da intensidade do fenômeno, se estava normal, regredindo ou se intensificando, 60% alegaram que o fenômeno intensificou devido ao

aumento do descarte de resíduos sólidos nos canais e da construção de condomínios residenciais próximas ao canal, ocasionando o assoreamento do mesmo. Dos entrevistados, 40% enfatizaram que as inundações continuam ocorrendo como sempre, pois os eventos acontecem todos os anos no mesmo período (FIGURA 24).

**Figura 24-** Intensidade dos fenômenos de enchente e inundação



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Em relação aos problemas de saúde resultantes de contato com a água do canal, 20% dos entrevistados alegaram que adquiriram problemas como giárdia, disenteria e micoses. O principal fator relacionado à presença de doenças infectocontagiosas é o alto índice de poluição das bacias hidrográficas urbanas, pois são usadas para despejo de efluentes sem nenhum tipo de tratamento. Com a ocorrência dos fenômenos e a urbanização, no período chuvoso as populações residentes próximas aos canais de drenagem tornam-se vulneráveis à contaminação em contato direto com as águas dos canais.

Perguntou-se como é a atuação do poder público ou da defesa civil na área, e 100% dos entrevistados alegaram que nunca receberam qualquer visita ou assistência de ambos os órgãos.

Vale ressaltar que a presença dos órgãos responsáveis pelo monitoramento dos transtornos ocasionados pelo fenômeno, é de suma importância para a prática de ações mitigadoras imprescindíveis para a prevenção de acidentes.

Como forma de análise dos dados da pesquisa, foi realizado um estudo de campo no dia 19 de junho, dia após uma intensa precipitação na área de estudo. Foi possível observar que em um trecho do canal principal situado na localidade Quinta, apresentou elevação significativa em relação ao seu nível de vazão, assim como a coloração da água em relação ao período seco, que apresentou intenso processo de eutrofização, como destacou a figura 16. A água do canal apresentou turbidez elevada, por conta do excesso de sedimentos, porém não apresentou processo de eutrofização (FIGURA 25).

**Figura 25** - Canal principal após intensa precipitação



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Por ser fenômeno natural de uma bacia hidrográfica, as inundações tornam-se fatores prejudiciais para a população que reside próxima aos canais de drenagem. Para Cunha (2008) as mudanças hidrológicas estão associadas ao crescimento populacional e ao grau de urbanização, uma vez que modificam o microclima e o sítio urbano e, as características naturais dos canais fluviais.

No médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio, foi possível identificar na localidade Mercês casas localizadas próximas aos leitos fluviais, assim como a



presença de contenção, ocasionando alteração na dinâmica natural do canal (FIGURA 26). Esse fato acarreta alterações na drenagem dos canais e gera problemas na mobilidade urbana, nas ruas e avenidas próximas aos canais e possíveis transtornos para a própria população com a elevação do nível da água, podendo atingir as residências.

**Figura 26** – Canal na localidade Mercês



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

A urbanização causa alterações na dinâmica dos canais de drenagem, no residencial Cidade Verde, foi possível identificar através de registros de moradores como as alterações nos canais, através da canalização dos mesmos na região, trouxeram transtornos para a população residente. No período chuvoso alguns moradores têm suas casas invadidas pela água, assim como as ruas e a praça do residencial (FIGURA 27). A falta de planejamento

das ocupações urbanas, assim como nas construções de condomínios residenciais em áreas próximas de bacias hidrográficas, está sujeitas a problemas como as inundações.

**Figura 27** - Residência sendo atingida pela água em período chuvoso



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

De acordo com Aguiar e Rosestolato (2012), os problemas ambientais dos canais fluviais em áreas urbanizadas, associam-se, às influências causadas pelo uso desordenado da sociedade em bacias hidrográficas, pois essas, ao organizar o espaço de forma inadvertida, ocupando áreas inadequadas, alteram a paisagem e a dinâmica fluvial dos canais.

A importância de um planejamento ambiental é de grande relevância para um crescimento urbano adequado e uma relação com os recursos hídricos sustentáveis, pois as bacias hidrográficas urbanas estão mais susceptíveis as alterações no ambiente.

#### 5.4 Consequências das Alterações Urbanas no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio

Uma bacia hidrográfica é definida como um sistema que sofre alterações constantemente, por apresentar uma dinâmica fluvial mutável, que passa por alterações antrópicas e por mudanças climáticas. No médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio, não é diferente, por isso se faz importante à compressão da sociedade como agentes alteradores do meio natural.

O crescimento populacional na área que abrange o médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio ocasionou modificações nos seus canais fluviais. Como resultados da pesquisa, relacionados à visita de campo, pode-se observar o canal principal, localizado na localidade Quinta, em intenso processo de eutrofização.

Seus leitos apresentaram densa vegetação secundária, as quais são espécies vegetais características de áreas degradadas, como a *Musa acuminata* (popularmente conhecida como bananeira), a *Mangifera indica* (mangueira), *Ricinus communis* (mamona) e *Euterpe oleracea* (açai).

Além de o canal ser ramificado, possui largura de 15 a 20 metros, com presença de resíduos sólidos (FIGURA 28). Apesar do canal localizado na localidade Quinta não apresentar alterações morfológicas direcionadas pelas atividades antrópicas em seus leitos fluviais, no canal localizado na Rodovia Ma-201, observou-se modificações em seu sistema fluvial, pois está localizado em uma área urbanizada, com a presença de edificações mistas, do tipo residencial e comercial. Além de a área estar caracterizada por pavimentação asfáltica, o que dificulta o processo de infiltração em torno do canal.

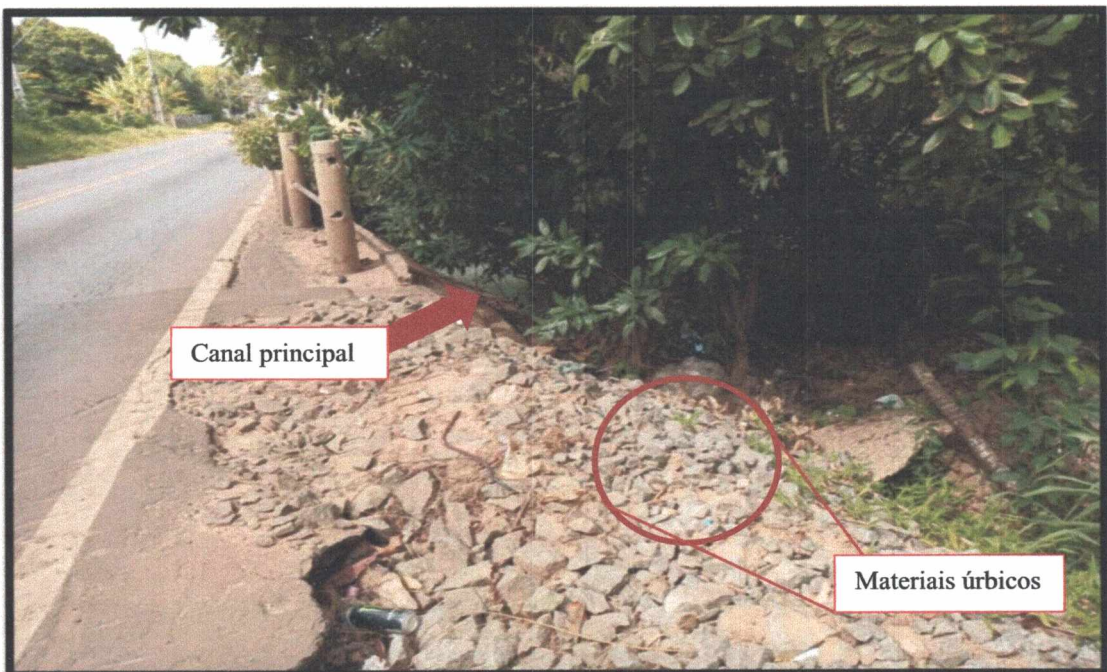
Por ser um canal aberto e ainda apresentar mata ciliar, tem por alteração a presença de materiais úrbicos, resíduos sólidos e processos erosivos às margens do canal, localizado na Rodovia MA-201 (FIGURA 29), o que pode acarretar no assoreamento do canal, aumento da poluição na qualidade da água, assim como enchentes e inundações no período chuvoso.

**Figura 28**-Trecho do canal principal do rio Santo Antônio no bairro Quinta, São José de Ribamar



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

**Figura 29** - Canal com presença de materiais úrbicos em seu leito fluvial



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Nas margens do canal, identificou-se área de queima de resíduos sólidos, além de áreas com supressão da vegetação e suscetíveis a processos erosivos (FIGURA 30). As alterações nos canais modificam não só os canais, mas alteram a sua dinâmica natural, como a intensidade do escoamento superficial e a diminuição do processo de infiltração.

**Figura 30** - Queima de resíduos sólidos próximos ao canal do Rio São João



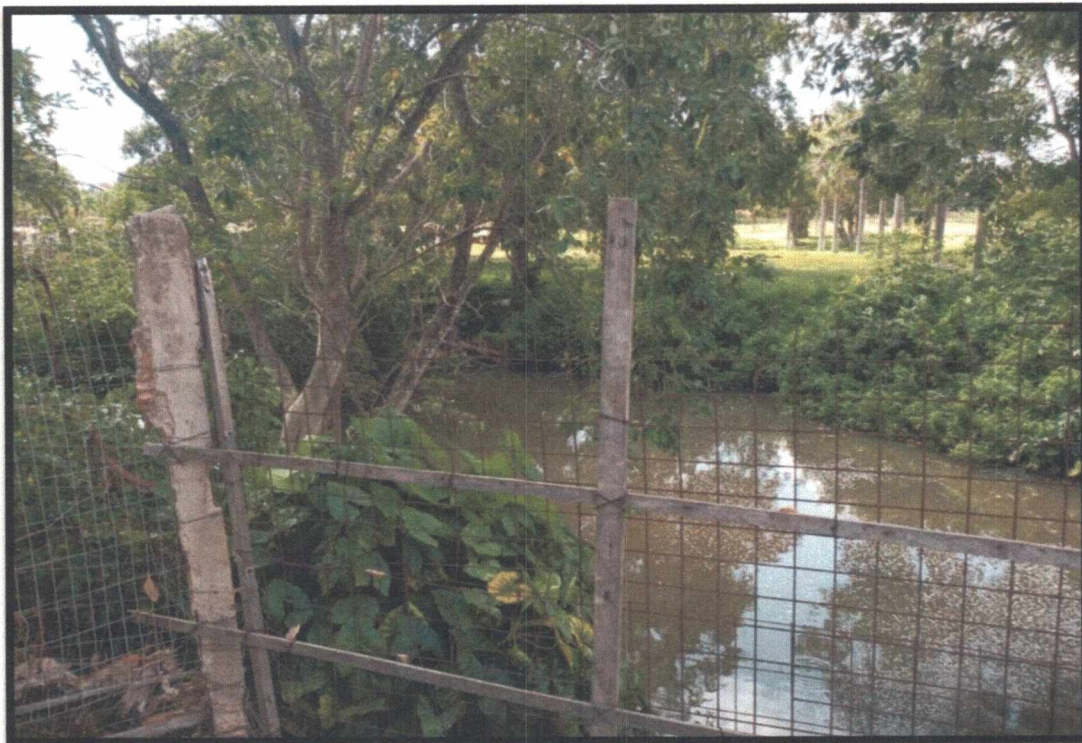
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

As bacias hidrográficas urbanas são comumente alteradas, de variadas formas. O médio curso do Santo Antônio está localizado em uma área onde a especulação imobiliária cresceu nos últimos anos, fazendo com que o rio seja muito afetado. A urbanização dos municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar intensificaram-se de maneira rápida, não apresentando um planejamento territorial e nem um monitoramento nas bacias hidrográficas urbanas.

Na área de estudo, próximo ao Parque Aquático Wang Park, o canal apresenta uma contenção, mas não apresenta mata ciliar (FIGURA 31). Parte do canal está localizada dentro do Parque Aquático, sendo identificado o despejo de efluentes de forma constante no mesmo (FIGURA 32).

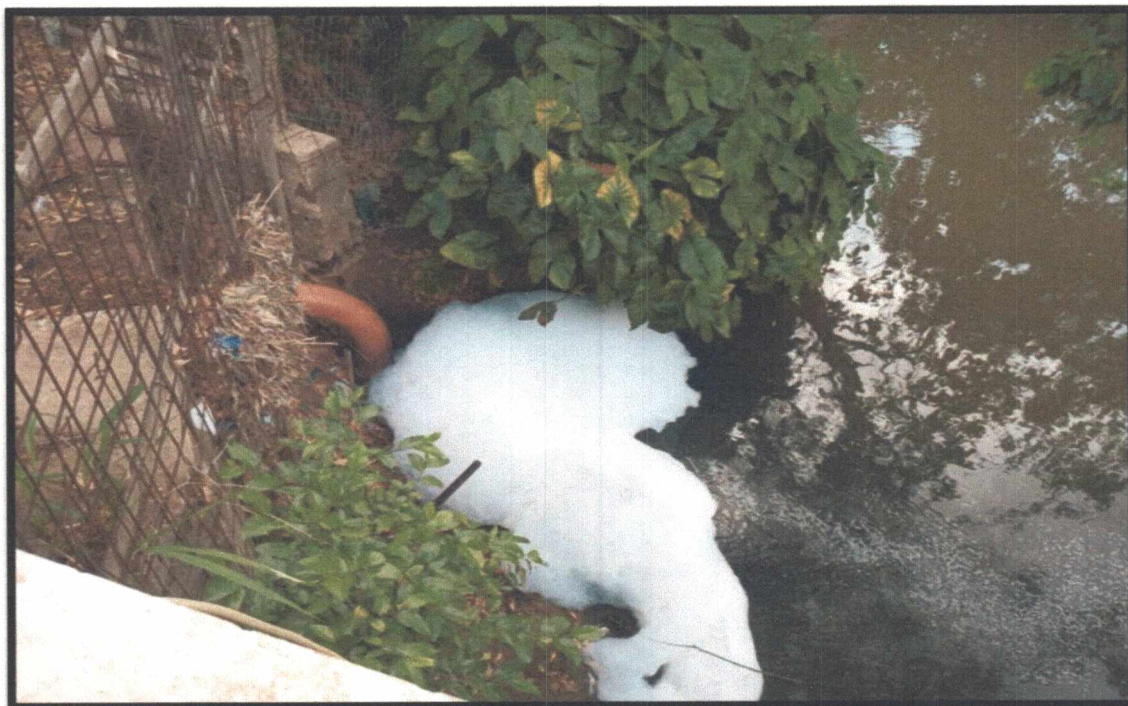
O ecossistema aquático é um dos principais prejudicados por conta das atividades antrópicas. Os peixes tentam resistir em meio à carga de poluentes lançadas nos canais de drenagem, no canal na localidade do parque aquático (FIGURA 33).

**Figura 31** - Canal situado dentro das dependências do Parque Aquático Wang Park



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

**Figura 32** - Despejo de efluentes no canal do médio curso do Santo Antônio



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

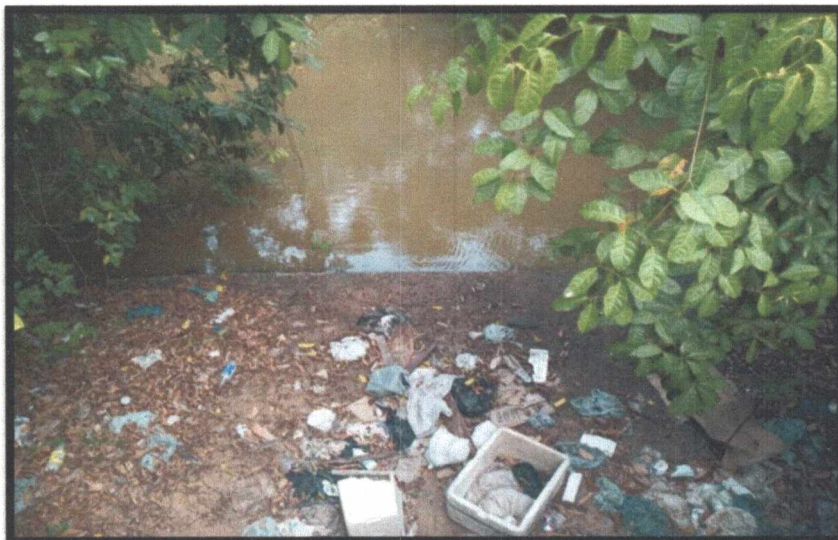
**Figura 33** - Identificação da presença de fauna no canal fluvial



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

O canal localizado na localidade Vila Piçarreira, na MA-201, é destacado por apresentar intenso processo de modificação em seu leito. Apresenta uma contenção e um lado do canal é destacado por uma grande quantidade de resíduos sólidos, principalmente resíduos comerciais de frigoríficos (FIGURA 34).

**Figura 34** - Resíduos sólidos na planície de inundação do médio Santo Antônio



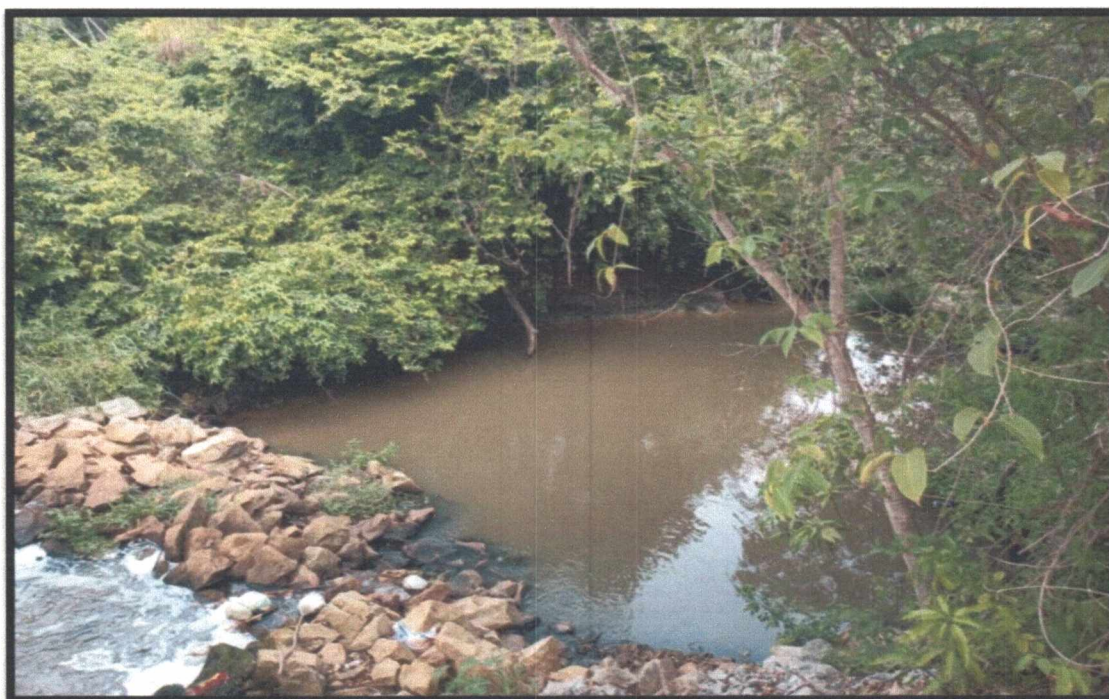
Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Os canais fluviais ainda são os principais locais de descarte de resíduos sólidos, a falta de fiscalização na manutenção da rede hidrográfica, acaba por ocasionar alterações e até a destruição das redes de drenagem.

Do lado direito da rodovia, o canal apresenta mata de galeria, com uma vegetação densa em todo o canal, assim como, a presença de materiais sedimentares, produtos de alterações antrópicas no canal. Pode-se observar a presença desses materiais na área do canal próxima a rodovia (FIGURA 35).

Apesar de o canal ter alterações em seu leito, o mesmo pode apresentar somente o processo de enchente no período chuvoso, pois, o canal apresenta largura e vegetação em seu entorno de forma significativa para não ocorrência de inundações (FIGURA 36).

**Figura 35** - Canal fluvial com presença de mata de galeria



Fonte: Própria da pesquisa (2020).



**Figura 36** - Descarte de sedimentos em canal do rio Santo Antônio



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

Além das alterações, os processos erosivos são comuns, com a falta do planejamento ambiental e obras realizadas de forma precária, que acaba prejudicando tanto a população, quanto os canais de drenagem (FIGURA 37).

**Figura 37** - Processo erosivo em avenida às margens do canal fluvial



Fonte: Própria da pesquisa (2020).

As fortes chuvas, que acontecem todos os anos, evidenciam os problemas provenientes da falta de drenagem urbana e do planejamento ambiental, assim como do monitoramento das bacias hidrográficas urbanas. Outro ponto a ser ressaltado é a educação ambiental da população, pois ainda veem os canais fluviais como locais de descarte de resíduos sólidos, o que gera consequências não só no canal, mas a própria população (FIGURA 38).

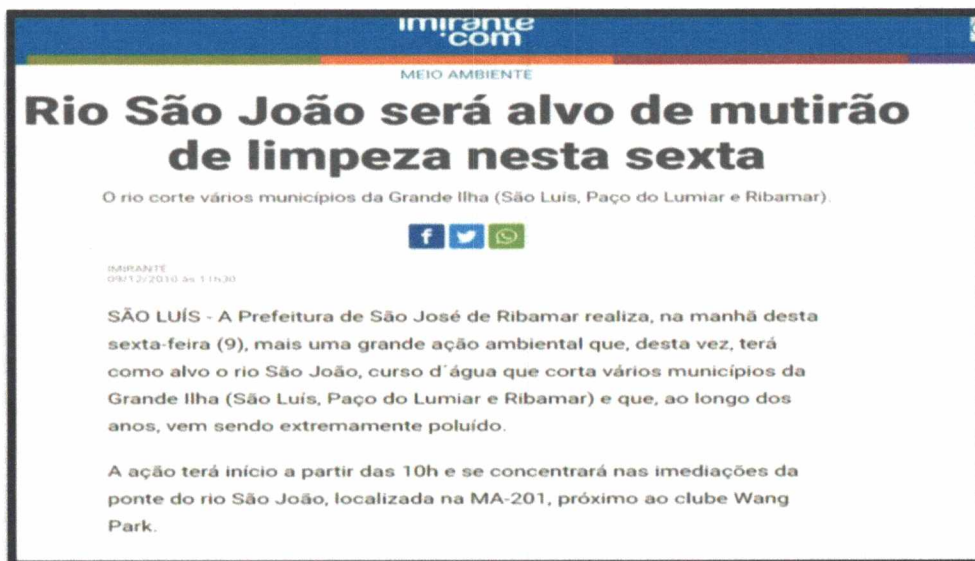
Raras iniciativas são tomadas no que diz respeito a prevenção e/ou conservação dos recursos hídricos na Ilha do Maranhão como um todo. Em 2010 o rio São João, como o rio Santo Antônio é conhecido pela população no trecho entre as localidades Quinta e Mercês, foi alvo de um mutirão de limpeza, como pode ser visto na Figura 39.

**Figura 38** - Matéria jornalística sobre os elevados índices pluviométricos da Ilha do Maranhão



Fonte: Jornal O Estado (2019).

Figura 39 - Reportagem sobre ação de limpezas no canal principal do Santo Antônio



Fonte: Imirante (2010).

Com o crescimento urbano, os canais de drenagem estão cada vez mais modificados, por conta da canalização, assoreamento, ocupação dos seus leitos fluviais, poluição por meio do lançamento de efluentes e resíduos sólidos, retirada da mata ciliar, entre outros. O médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio apresentou diversos tipos de alterações em seu leito, alterações essas que quando ocorrem às inundações intensificam os transtornos para a população local no período chuvoso.

#### 5.4.1 Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida no Médio Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio

Como técnica de avaliação do uso do solo e das alterações na área de estudo, aplicaram-se dois modelos de Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, no primeiro modelo temos o de Lobo (2011), que apresenta 12 parâmetros, com 3 pontuações diferentes para cada parâmetro avaliado.

Como análise dos parâmetros de cada ponto, podemos analisar a Tabela 8, onde o primeiro ponto de aplicação do PARS foi o rio São João, que está localizado na Rodovia Ma - 201, no município de São José de Ribamar, como análise do parâmetro de número 1, o ponto apresentou significativa presença de vegetação natural, mas apresenta alterações antrópicas como uma torre de energia em sua margem (FIGURA 40).

**Tabela 8** - Resultado da aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio

PARÂMETROS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
01	4	4	0	0	4
02	0	2	2	2	2
03	0	2	2	2	2
04	2	2	4	4	0
05	4	4	4	4	4
06	2	4	0	0	0
07	4	2	2	2	2
08	5	3	2	2	2
09	2	0	0	0	5
10	2	3	3	3	2
11	2	3	2	2	3
12	2	3	3	3	0
<b>PONTUAÇÃO</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>26</b>
<b>AVALIAÇÃO</b>	<b>ALTERADO</b>	<b>ALTERADO</b>	<b>ALTERADO</b>	<b>ALTERADO</b>	<b>ALTERADO</b>

Fonte: Própria da pesquisa (2021).

**Figura 40-** Ponto 1 localizado no rio São João



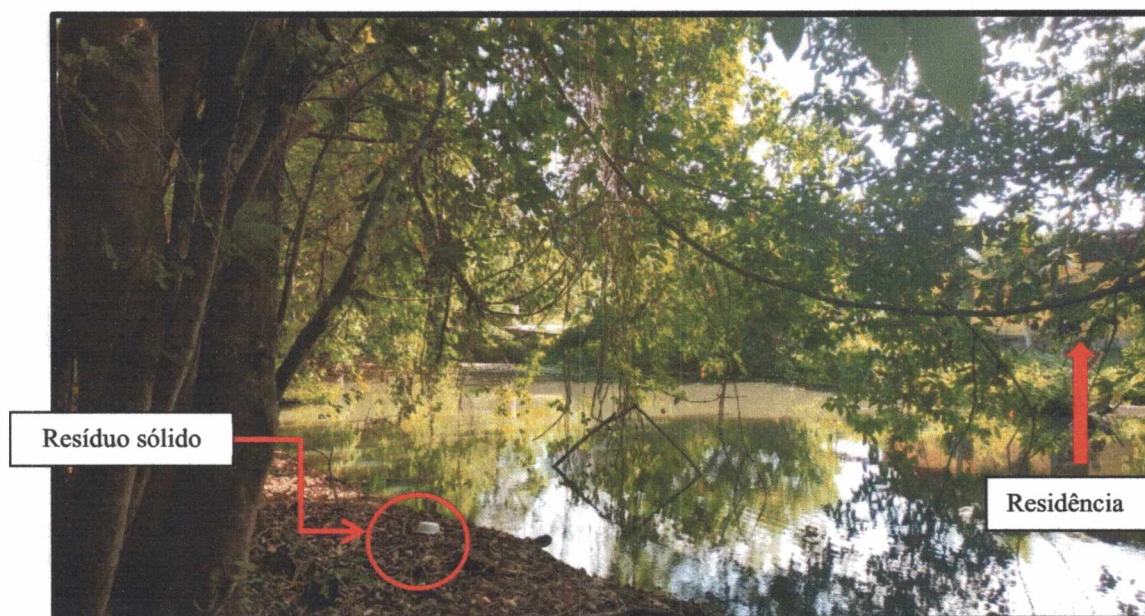
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Em relação ao segundo parâmetro, existe a presença de esgotos e alguns resíduos sólidos no canal. Sobre a presença de sedimentos na água, em função da intensa cobertura vegetal, possui plantas aquáticas e seu fundo é caracterizado por lama, pedras, cascalhos e areia. Possui uma diversidade de habitats, com presença de troncos submersos e folhiços<sup>9</sup>. O canal apresentou modificações em suas margens, onde na margem direita possui alterações antrópicas como construções comerciais e residenciais na sua margem direita (FIGURA 41).

O ponto 1 analisado apresenta significativa presença de vegetação ripária, embora sejam secundárias, possuem porte arbóreo e rica quantidade de serapilheira em suas margens. Em relação ao parâmetro de estabilidade das margens, pode-se observar que o ponto 1 possui uma margem moderadamente instável, pois está localizado próximo a uma rodovia, com construções residenciais e comerciais próximas e a construção de uma ponte. Fatores que podem contribuir para os processos erosivos nos períodos de ocorrência de inundações.

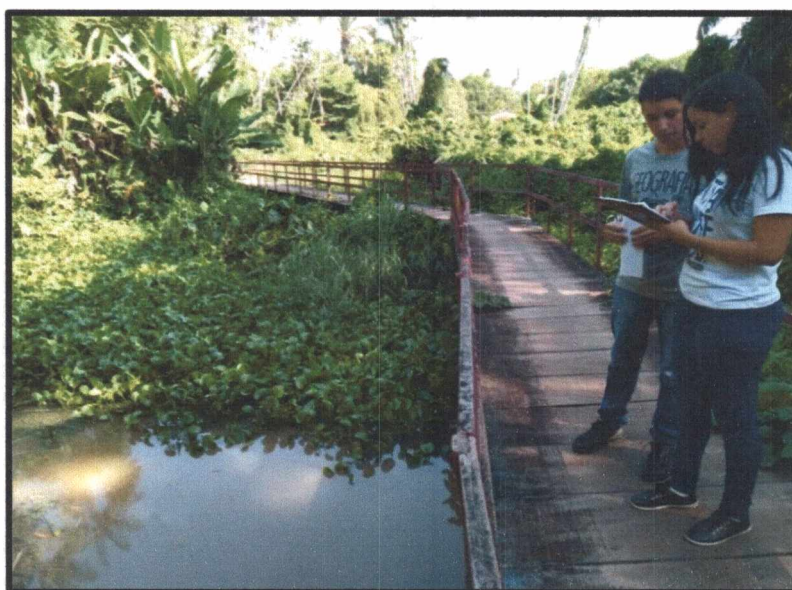
---

<sup>9</sup> Representam solos cobertos de folhas secas.

**Figura 41 - Margem do rio São João**

Fonte: Própria da pesquisa (2021).

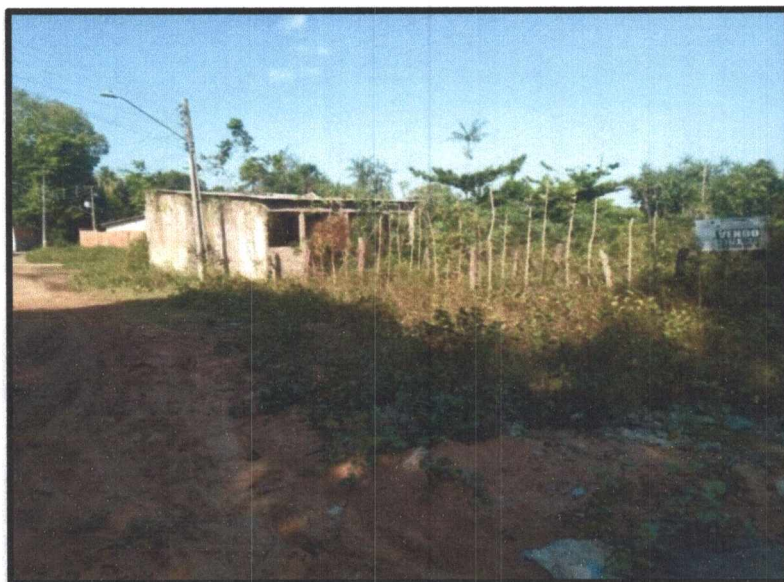
O ponto 2 está localizado na localidade Quinta, apresentou vegetação natural em suas margens (FIGURA 42), apesar da existência de construções residenciais próximas. Assim como, a presença de resíduos sólidos nas margens e no canal fluvial. O canal apresentou odor moderado, presença de plantas aquáticas em determinados trechos e constatou-se com a ajuda de um galho, o tipo de fundo presente no ponto analisado, sendo ele lama e areia.

**Figura 42 - Características do ponto 2 na localidade Quinta**

Fonte: Própria da pesquisa (2021).

A diversidade de habitats do ponto 2 é de 30 a 50%, onde o canal contém troncos submersos e folhiços. O ponto apresenta uma ponte, mas não possui canalização, porém possui alterações antrópicas na margem esquerda do canal, com presença de sítios e chácaras nos interflúvios e uma placa de venda na margem esquerda do canal (FIGURA 43). O ponto de análise apresenta probabilidade de inundações, pois a sua margem esquerda possui construções de muros e casas abandonadas (FIGURA 44).

**Figura 43** - Terreno para venda às margens do canal



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

**Figura 44** - Casa abandonada na margem esquerda do canal



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O ponto 3, está localizado na rua Santo Antônio, próximo ao parque aquático Wang Park no município de Paço do Lumiar, com análise das características do local, tem-se áreas residenciais e comerciais próximas ao canal (FIGURA 45).

**Figura 45** - Canal próximo ao parque aquático Wang Park



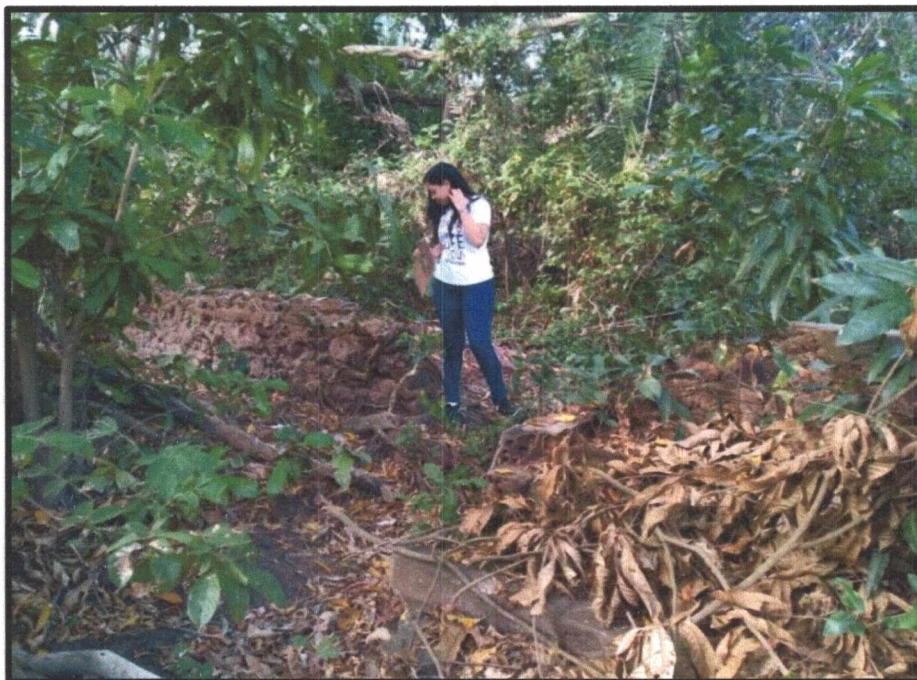
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O ponto 3 não apresenta odor em seu canal, porém apresenta resíduos sólidos em suas margens, não possui plantas aquáticas e seu fundo é composto por lama e areia. Em relação a diversidade de habitats, ele possui de 10 a 30% de diversidade, pois possui modificações antrópicas, como resquícios de construções em sua margem (FIGURA 46).

Apesar de possuir alterações em suas margens, apresenta vegetação ripária secundária entre 50 e 70% em suas margens, apresentando espécies de grande porte (FIGURA 47). O ponto analisado encontra-se moderadamente estável para processos erosivos, pois apesar de possuir vegetações e serapilheira em suas margens, sua planície de inundação encontra-se alterada, sendo seu solo exposto e com resquícios de retirada de vegetação através da queimada (FIGURA 48).



**Figura 46-** Resquícios de construções na margem do canal



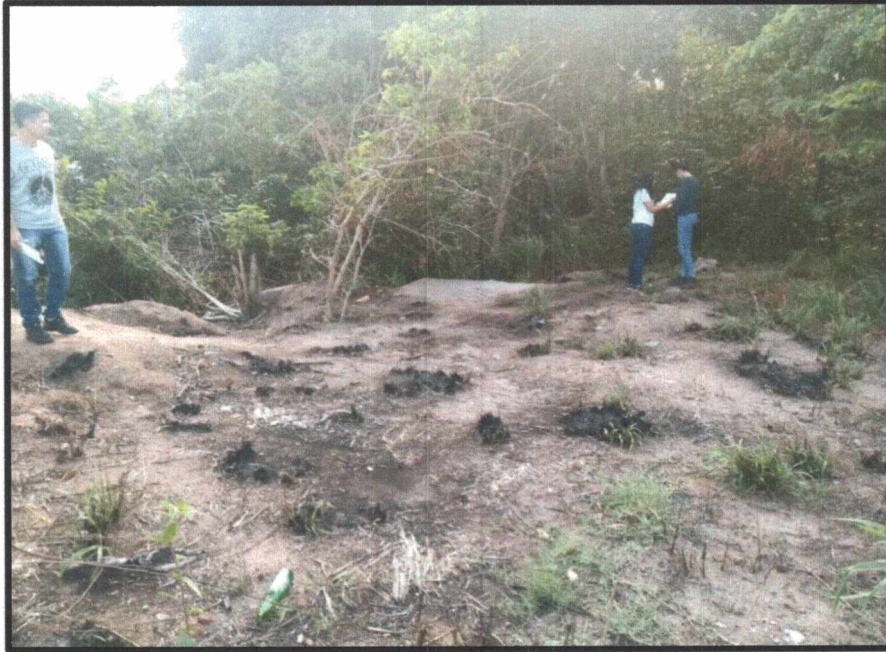
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

**Figura 47 -** Árvore de grande porte na margem no canal



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

**Figura 48** - Terreno à margem do canal com indício de queimada



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O ponto 4 está localizado na localidade Mercês, apresenta residências próximas as margens, o impacto em seu leito é moderado, não apresenta odor em sua água e seu fundo é composto por lama e areia. O canal possui um nível de fluxo e turbidez elevado e apresenta moderada quantidade de resíduos sólidos (FIGURA 49).

**Figura 49** - Canal na localidade Mercês



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Em relação a diversidade de habitats, o canal apresentou de 10 a 30% com a presença de folhiços, serrapilheira e troncos em seu leito. Seu tipo de fundo é coberto de lama e areia, possui vegetação característica de áreas degradadas, como a *Euterpe edulis*, conhecida popularmente como juçara (FIGURA 50).

**Figura 50** - Vegetação presente às margens do canal



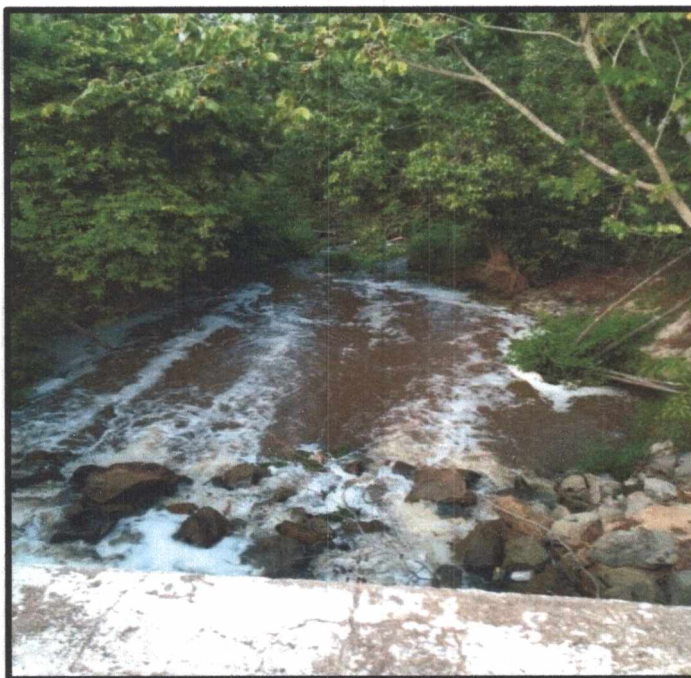
Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O último ponto é o 5 e está localizado na Avenida General Arthur Carvalho, área conhecida popularmente como Joelho de Porco, no município de Paço do Lumiar. O ponto apresenta vegetação natural, porém possui resíduos sólidos em suas margens e os impactos antrópicos nas suas margens são moderados (FIGURA 51).

O ponto 5 foi o que apresentou o odor mais forte em relação aos outros pontos analisados, possui grandes quantidades de pedras e cascalhos, porém foram depositados em razão de atividades antrópicas. O ponto possui de 10 a 30% de diversidade de habitats, com presença de animais silvestres como macacos, não sendo possível a identificação da espécie.

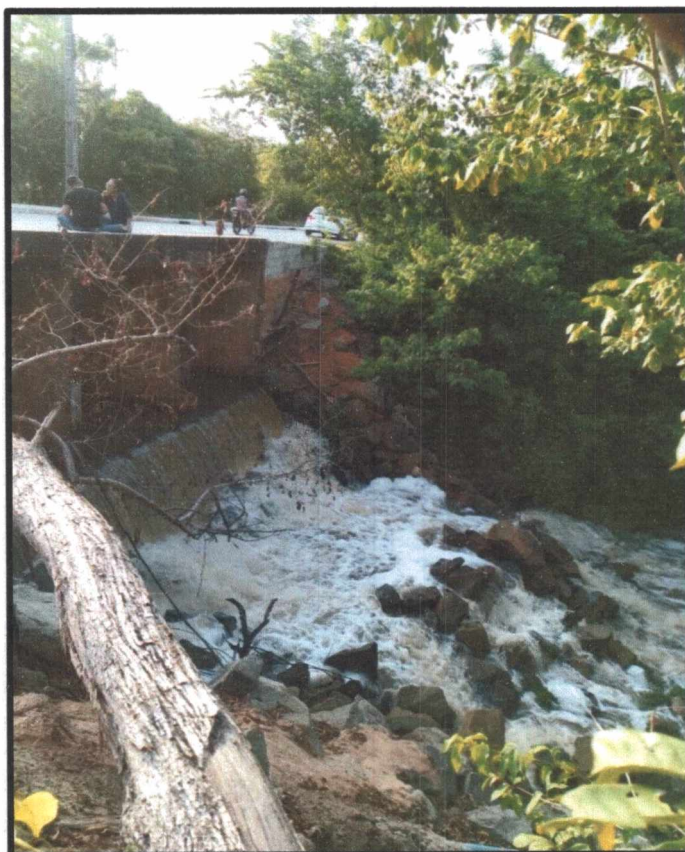
As alterações presentes nas margens do canal são de 40 a 80% de modificação, pois há ausência de vegetação em determinados trechos suscetíveis a processos erosivos. Apresenta vazão corrente, sendo influenciada por conta da galeria presente (FIGURA 52).

**Figura 51** - Canal localizado no Joelho de Porco



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

**Figura 52** - Galeria presente no canal



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

Após as análises, foram classificados todos os pontos de aplicação do protocolo, de acordo com a classificação de Lobo (2011); com o somatório de cada parâmetro identificou-se que todos estão “alterados”. Em decorrência da intensidade do crescimento das ocupações urbanas e conseqüentemente das alterações na bacia, o médio curso do rio Santo Antônio, encontra-se modificado, afetando assim sua dinâmica natural.

Foi também aplicado o protocolo de Carvalho (2010). O primeiro parâmetro analisado se refere às características morfológicas do canal; em todos os pontos analisados os canais são abertos (TABELA 9).

Tabela 9 - Resultados do modelo de protocolo de Carvalho (2010)

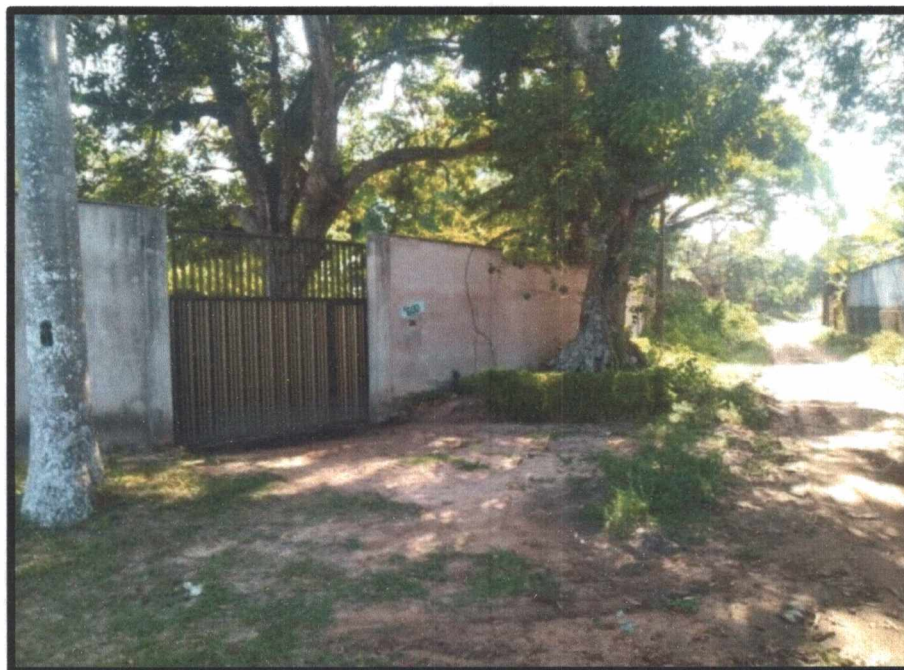
NÍVEIS	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5
01	100	100	100	100	100
02	30	20	30	30	10
03	3	3	3	3	1
<b>PONTUAÇÃO</b>	133	123	133	133	111
<b>AValiação</b>	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso do solo</i>	<i>B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo</i>	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso do solo</i>	<i>C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso do solo</i>	<i>A-Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo</i>

Fonte: Própria da pesquisa (2021).

O nível 2 trata do uso do solo nas margens; os pontos 1, 3 e 4 apresentaram urbanização média em suas margens, pois apesar da existência de vegetação, há presença de ocupações residenciais e comerciais. O ponto 2 possui uma urbanização fraca, pois a margem direita do canal está mais preservada que em relação a margem esquerda e o 5 apresentou vegetação residual, de características de áreas degradadas, porém não apresentaram ocupações residenciais em suas margens.

O nível 3 identifica o uso do solo nos interflúvios; os pontos 1, 2, 3 e 4 apresentaram urbanização média em seus interflúvios; em destaque tem-se o ponto 2 que predominou a existência de chácaras e sítios em seus interflúvios (FIGURA 53) e o ponto 5, que apresenta vegetação residual, de porte arbóreo e frutíferas.

**Figura 53** - Sítio localizado próximo à margem do canal



Fonte: Própria da pesquisa (2021).

De acordo com as tipologias, foram pontuados cada parâmetro em relação à tabela de referência. Os pontos 3 e 4 marcaram 133 pontos, sendo classificados como “*C- canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso do solo*”; o ponto 2 marcou 123 pontos, identificado na tipologia “*B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo*”; o ponto 5 marcou 111 pontos, sendo identificado como “*A-Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo*”.

Diante da análise da aplicação dos dois modelos de PARS, pode-se destacar que ambos apesar de obterem diferentes tipologias de avaliação, identificaram todos os pontos de aplicação alterados. Enfatizando assim, as alterações ocorrentes por decorrência das ações antrópicas no médio curso da bacia hidrográfica do rio Santo Antônio.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Morfologicamente o médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio possui relevos com predominância de colinas esparsas e planícies fluviais, o que o caracteriza como uma área que pode apresentar acúmulo de águas pluviais e maior velocidade do escoamento superficial.

Suas vertentes são em sua maioria retilíneas, facilitando assim as ocupações em seus leitos fluviais. Apresenta declividade moderada, características de colinas esparsas, principalmente próximas aos canais de primeira ordem. No que tange a drenagem, apresenta 18 canais de primeira ordem, 5 de segunda e 2 de terceira, sendo o canal principal de quarta ordem em relação a hierarquia fluvial da bacia.

No médio curso, identificaram-se alterações nos seus canais, como descarte irregular de resíduos sólidos, retirada da mata ciliar, ocupação nos leitos fluviais, processos erosivos às margens do canal, assoreamento e áreas impermeáveis. Fatores que definem transtornos em períodos chuvosos com as enchentes e inundações na bacia hidrográfica.

Para a análise do uso e cobertura da terra definiu-se 3 classes, solo exposto, área urbana e vegetação. Analisando cada classe se identificou 31,28% da área de solo exposto, sendo definido pela supressão da cobertura vegetal de algumas áreas para construção de empreendimentos. Para a classe urbana, tem-se áreas de ocupações residenciais, sendo representada por 21,65% da área de estudo e em constante crescimento.

Para a classe de vegetação identificou-se 47,04% e apesar de ainda ser considerado alto esse índice, ele está em constante decréscimo, pois com o alto índice de solo exposto, aumenta a urbanização, tendo redução nas áreas vegetativas e conseqüentemente os recursos hídricos. Na análise da densidade de edifícios, constatou-se o crescimento de residências em áreas de canais fluviais e a saturação em outras áreas, sendo o seu crescimento realizado de forma espessa.

Com relação ao mapa comparativo da drenagem de 1980 e 2020, pôde-se entender como a urbanização sem um planejamento adequada afeta um sistema de drenagem, pois a bacia hidrográfica perdeu os seus canais de primeira ordem, o que se tornou um dos principais fatores deflagradores do fenômeno estudado.

Foi realizado o mapeamento das áreas que apresentaram ocorrência dos fenômenos de enchentes e inundações na área de estudo; através dos trabalhos de campo, essas áreas foram identificadas e mapeadas, as inundações ocorrem de forma mais intensa nos bairros Mercês e residencial Cidade Verde.

A identificação das áreas com ocorrência do fenômeno de inundação é essencial para o planejamento territorial da área de estudo e com a análise das consequências das alterações do sistema de drenagem e do crescimento populacional.

Os principais fatores deflagradores das inundações na área de estudo foram a impermeabilização de alguns dos canais da bacia hidrográfica, sendo construídos bairros e residenciais próximos aos leitos fluviais, assim como, a canalização e assoreamento de canais.

A realização das entrevistas foi crucial para a compreensão dos transtornos ocasionados pelo intenso processo de urbanização na área de estudo, além da análise do comportamento dos canais fluviais do médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.

Como avaliação de alterações urbanas, foram aplicados dois modelos de Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, dos autores Lobo (2011) e Carvalho (2010) e foram analisados 5 pontos da área de estudo. De acordo com a classificação de Lobo (2011), todos os pontos estão alterados.

No que se refere ao modelo aplicado de Carvalho (2010), os pontos analisados apresentaram 3 diferentes tipos de tipologias; os pontos 1, 3 e 4 foram definidos como “*C-Canal sem alterações e com significativo impacto pelo uso do solo*”; o ponto 2 apresentou “*B-Canal sem alterações e com impacto pelo uso do solo*”; o ponto 5 foi definido como “*A-Canal sem alterações e com baixo impacto pelo uso do solo*”.

Com o aumento da especulação imobiliária na região, as alterações do uso da terra tornaram-se evidentes e algumas irreversíveis. Por ser um sistema aberto e vulnerável, as bacias hidrográficas necessitam de uma gestão específica. Para tanto é necessário que haja a efetivação do planejamento territorial, fiscalização, conservação e manutenção dos recursos hídricos.

Tendo em vista a ocorrência do fenômeno de inundação, recomenda-se a aplicabilidade de ações mitigadoras que possam contribuir de forma concreta para o melhoramento da qualidade de vida das pessoas que residem nas áreas suscetíveis ao fenômeno.

O PARS é uma importante ferramenta de definição das alterações presentes em bacias hidrográficas, em destaque as urbanizadas, sua aplicação é de fácil compreensão e baixo custo. A aplicabilidade do PARS, na área de estudo foi de grande relevância para análise das características de cada ponto pesquisado, como forma de monitoramento das modificações ocorridas no médio curso da bacia hidrográfica do Santo Antônio.



## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. P.; ROSESTOLATO FILHO, A. Os impactos da urbanização na dinâmica dos canais fluviais de Cáceres-MT. **Revista Científica da Ajes**, Juína, v.3, n.7, p.1-20, 2012.
- ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará/** Lutiane Queiroz de Almeida. Rio Claro, 2010. Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociência e Ciência Exatas.
- ANDRADE, L.M.Sde; ROMERO, M.A.B. **A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades.** In: XI ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL-ANPUR.11, Salvador, 23-27 maio 2005. Anais... Disponível em: <<http://www.xienanpur.ufba.br/363.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2021.
- ALMEIDA NETO, J. D.; HELLER, L. Which is riskier: life on the floodplain or in housing imposed from above? The case of flood-prone areas in Rio Branco, Acre, Brazil. **Environment & Urbanization**, London, v. 28, n. 1, p. 169-182, 2016
- ALVES, E; SOUZA, G. S; MARRA, R. Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010. **Revista Política Agrícola**. Ano XX- N2-Abr/Maio/Jun, 2011.
- ANSERSON, J. R.; HARDY, E. E.; ROACH, J. T.; WITNER, H. E. **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. (Série Paulo de Assis Ribeiro, n. 9). 1979. 78p.
- ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA).** 2014. xviii, 289 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.
- BARELLA, W. RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO; H. F. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BERSOT, M. R. O. B; MENEZES, J. M; ANDRADE, S. F. de; Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé – RJ. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.11 n.2 p. 277 - 294 Maio/Ago. 2015
- BIZZO, M.; MENEZES, J. M.; ANDRADE, S. F. Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR). **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO**,v. 4, n.1, p.5-13, 2014.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil.** Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2004.
- BOUCHARD, A.; DOMON, G. The transformations of the natural landscapes of the Haut-Saint-Laurent (Quebec) and their implications on future resource management. **Landscape Urban Plann.** v. 37, p. 99–107, 1997.
- Brasil. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT **Curso de capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco /** Celso Santos Carvalho, Frederico

do Monte Seabra, Leonardo de Almeida Ferreira, Thiago Galvão, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2006.

BRITO, F; HORTA, C. J. G; AMARAL, E. F. L, 2001. “A urbanização recente no Brasil e as aglomerações metropolitanas.” **Open Science Framework Preprints**, August 18.

BURLEY, T.M. **Land use or Land utilization? In: Professional Geographer.** *Newcastle, NSW.* Australia. 18-20. 1961.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P.; GOULART, M. & PETRUCIO, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnológica Brasileira**, 34: 91-97,2002.

CAMARGO, C. E. S.; AMORIM, M. C. C. T. Qualidade ambiental e adensamento urbano na cidade de Presidente Prudente – SP. *Scripta Nova - Revista Eletrônica de Geografia y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona*, v. 9, n. 194, p. 1 – 11, 2005.

CAMPBELL, D. F. **Revised report on the reconnaissance geology of the Maranhão Basin.** CNP, Rio de Janeiro, 1949. (Relat. Int.).

CASIMIRO, P.J.C.C. Uso do Solo - Ecologia da Paisagem: Perspectivas de uma abordagem do estudo da paisagem em Geografia. **Revista DGPR.** Número 2. Lisboa: FCSH-UNL. 2000, pp.45-66.

CARDOSO, J. A.; AQUINO, C. M. S., 2013. Mapeamento dos conflitos de uso nas áreas de preservação permanente (APPs) da microbacia do riacho do Roncador, Timon (MA). **Revista Boletim Goiano de Geografia [online]** 33.

CARVALHO, L. E. P; BITOUN, J; CORREA, A. C. B. Canais fluviais urbanos: proposta de tipologias para a região metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia.** Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 3, Set. 2010.

CHIOQUETA, J. E. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Pato Branco.** 2011. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blücher, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgar Blücher. 1999, 256p.

CUNHA, S. B. (1996) **Geomorfologia Fluvial**, in: Geomorfologia, exercícios e aplicações/ (org. Cunha & Guerra)// Rio de Janeiro, Bertrand, Brasil.

CUNHA, S. B.. Morfologia dos Canais Urbanos. In: POLETO, C. (Org.). Ambiente e Sedimentos. **VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física. II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra.** Porto Alegre: ABRH, 2008.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Surface water monitoring: Aframework for change.** 1987. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Policy Planning and Evaluation.

FRAGOSO, M.L.C; SILVA, T.A.A. Desastre, risco e vulnerabilidade urbana: uma análise a partir das enchentes e inundações no município de Escada/Pe. **Revista Cadernos de Ciências Sociais**, Recife, v. 1, ano 8, n. 14, p. 1-18, jan/jun 2019. Disponível em:

<<https://docplayer.com.br/207857384-Desastre-risco-e-vulnerabilidade-urbana-uma-analise-a-partir-das-enchentes-e-inundacoes-no-municipio-de-escada-pe-2-resumo.html>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

FLORENZANO, T. G. Cartografia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 2008, p. 105-128.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Revista eletrônica Ateliê Geográfico**, v.5, n. 3, p. 239-254, dez. 2011.

FUJIMOTO, N. S. V. M.. Implicações Ambientais na área metropolitana de Porto Alegre-RS: um estudo geográfico com ênfase na geomorfologia urbana. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 12, p.XX, 2002.

GÓES, A. M. **Estudo sedimentológico dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru no nordeste do Pará e noroeste do Maranhão**. 1981. 55 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Belém, 1981. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geofísicas e Geológicas.

GUERRA, A. J. T. & GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico Geomorfológico**. Rio de Janeiro/RJ, Ed. Bertrand Brasil, 1997.

HERZER, H. M; VIRGILIO, M. M. Buenos Aires inundable del siglo XIX a mediados del siglo XX. In: ACOSTA, V. G (Coord.). **Historia y desastres em America Latina. La Red de Estudios Sociales em Prevencion de Desastres em América Latina. V.1. Cidade do Panamá: 1996.**

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Número 7. 2ª Edição. Rio de Janeiro: IBGE. 2013. 178p.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População Total. Disponível em:< <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>>. Acesso em: 15 de jan. 2021.

IPEA- Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Dinâmica populacional brasileira na virada do século XX. Disponível em:< <https://www.ipea.gov.br/portal/>>. Acesso em: 16 de jan. 2021.

JHA, A. K; BLOCH, R; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o Século XXI**. The World Bank. Washington DC 20433, 2012.

JUNIOR, V. J. S; SANTOS, C. O. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Revista Estação Científica (UNIFAP)**. Macapá, v.3 n. 1, p. 19-30, jan./jun. 2013.

KIPPER, A. **Drenagem Urbana: comparativo de custos no dimensionamento utilizando sistemas de drenagem tradicional (higienista), e compensatória com microreservatórios**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2015.

KOBIYAMA, M; MENDONÇA, M; MORENO, D. A.; MARCELINO, I. P. V. O; MARCELINO, E. V; GONÇALVES, E. F; BRAZETTI, L. L. P; GOERL, R. F; MOLLERI, G. S. F; RUDORFF, F. M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos / Masato Kobiyama**, – Curitiba: Ed. Organic Trading, 2006.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242p.

LIMA, C. A. Considerações sobre ocupações irregulares e parcelamento urbano em áreas de mananciais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 3, p. 97-114, jan./jun. 2001. Editora da UFPR 97.

LOBO, A. E; VOOS, J. G; ABREU JUNIOR, E. F. Utilização de um protocolo de avaliação rápida de impacto ambiental em sistemas lóticos do sul do Brasil. **Caderno de Pesquisa, Série Biologia**, v. 23, n. 1, p. 18-32 jan/abr, 2011.

LUCHIARI, A. Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do Sensoriamento Remoto para levantamento do Uso e Revestimento da Terra. São Paulo. **Anais. X Encontro de Geógrafos da América Latina**. 2005, p.8191-8218.

MACEDO, S.A. Análise hipsométrica e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Gandu, Bahia. In: XII SINAGEO - SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA - UGB - UNIÃO DA GEOMORFOLOGIA BRASILEIRA., .12, CRATO-CEARÁ, 24-30 maio 2018. **Anais...** Disponível em: <<https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-126-2070.html>>. Acesso em: 13 out. 2021.

MARTELLI, A et al. Ações antrópicas observadas no Ribeirão da Penha município de Itapira – SP e medidas mitigadoras de preservação desse corpo d’água. **Razilian Journal of Animal and Environmental Research**, SÃO PAULO, v. 3, n. 2, p. 470-482, abr/jun, 2013. Disponível em: <<https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/9613/8087>>. Acesso em: 5 nov. 2021.

MARTINS, Clitia Helena Backx. Pobreza, meio ambiente e qualidade de vida: indicadores para o desenvolvimento humano sustentável. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 30, n. 3, p. 171-188, dez. 2002.

MARTINS, F. R. S; KAMIMURA, Q. P. ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DO ESPAÇO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE IMPERATRIZ – MA. In: The 4th International Congress on University-Industry Cooperation – Taubate, SP – Brazil – December 5th through 7th, 2010 ISBN 978-85-62326-96-7.

NASCIMENTO, D. M. As Políticas Habitacionais e as Ocupações Urbanas: dissenso na cidade. **Cad. Metrop**, São Paulo, v. 18, n. 35, p. 145-165, abr, 2016.

NIMER, E, BRANDÃO, Ana Maria P.M. (Org.) **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 166 p.

NOVO, E. M; L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308 p.

NUNES, E.D; ROSA, L. E. Compactação e impermeabilização do solo e implicações nos canais fluviais urbanos. **Revista Mercator**. Fortaleza, Ceará, v. 19, e 19023, 2020.

PAULO, R.F. O desenvolvimento industrial e o crescimento populacional como fatores geradores do impacto ambiental. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v. 7, n. 13/14, p. 173-189, jan/dez 2010.

- 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.
- PINHEIRO, J. M. Alterações Pluviométricas Em 41 Anos (1975- 2015) Ocasionadas Por Eventos De El Niño na Ilha Do Maranhão, Pré-Amazônia Brasileira. XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Instituto de Geociências- Unicamp.Campinas, SP, 2017.
- PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba: Editus, 2005. 293p.
- PLAFKIN, J.L.; BARBOUR, M.T.; PORTER, K.D.; GROSS. S.K.; HUGHES R.M. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: Benthic macroinvertebrates and fish**. Washington: EPA 440-4-89-001, 1989.
- PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados** 22 (63), 2008.
- Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil/CPRM- **Serviço Geológico do Brasil**. Estratigrafia (São Luís NE/SE), 2000. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia\\_basica/plgb/sluisnese/sluisnese\\_estratigrafia.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/plgb/sluisnese/sluisnese_estratigrafia.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2021.
- RIBEIRO. C. B. M; LIMA, R. N. S. Simulação de inundações urbanas a partir da integração de técnicas de geoprocessamento à modelagem hidráulica e hidrológica. **Revista De Geografia - Ppgeo** - v. 2, n. 1, 2011.
- RICCOMINI, C; ALMEIDA, R. P. de; GIANNINI, P. C. F; MANCINI, F. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: **Decifrando a Terra** [S.l: s.n.], p. 306-333, 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, Cururupu. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão. Brasília, CPRM, 1994.
- RODRIGUES, A.S.L.; CASTRO, P.T.A.; MALAFAIA, G. Utilização Dos Protocolos de Avaliação Rápida de Rios como instrumentos complementares na gestão de bacias hidrográficas envolvendo aspectos da geomorfologia fluvial: uma breve discussão. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-9, 2010.
- RODRIGUES, J. C; RODRIGUES, J. C. Relação sociedade-natureza no pensamento geográfico: reflexões epistemológicas. **Revista do Departamento de Geografia- USP**, Volume 27 (2014), p. 211-232.
- RODRIGUES, C. Atributos ambientais no ordenamento territorial urbano: o exemplo das planícies fluviais na metrópole de São Paulo. **Geusp – Espaço e Tempo (Online)**, v. 19, n. 2, p. 325-348, ago. 2015. ISSN 2179-0892
- RODRIGUES, D. E. Avaliação da suscetibilidade natural e do potencial à erosão laminar na bacia hidrográfica do Ribeirão do Boqueirão, município de Davinópolis (GO), 2016.

- RODRIGUES, L.P; LEITE, E.F. Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio aquidauana, ms. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Instituto de Geociências-UNICAMP, *Anais...* Campinas: UNICAMP, 2017.
- ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- SÁ, J. H. S. Contribuições à geologia dos sedimentos terciários e quaternários da região bragantina. **Boletim do Instituto de Geologia**, v. 3, p. 21-36, 1969.
- SANTOS, A. P.; FORESTI, C.; NOVO, E. M. L. M.; NIERO, M.; LOMBARDO, M. A. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações no uso da terra**. São José dos Campos: INPE, 1998.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SEABRA, O. C. L. Territórios do uso: cotidiano e modo de vida. In: GEU – Grupo de Estudos Urbanos (Org.). *Cidades: Revista científica*. v. 1, n. 2. Presidente Prudente: Grupo de Estudos Urbanos, 2004.
- SEABRA, V.S. **Análise da Paisagem em apoio aos estudos de favorabilidade à recuperação florestal na Bacia Hidrográfica do Rio São João**. Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012. 244p.
- SEBUSIANI, Helena Rennó Vianna; BETTINE, Sueli do Carmo. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [S.l.], v. 7, n. 1, fev. 2011. ISSN 1809-239X.
- SHERBININ, A. de. **A CIESIN Thematic Guide to Land-Use and Land-Cover Change (LUCC)**. Palisades: CIESIN, 2002.
- SILVEIRA, A. F.; BUENO, L. M. M. **Sustentabilidade e Vivências em uma Bacia Hidrográfica Urbana: resultados de intervenções recentes, Campinas/SP, Brasil**. Encuentro de Geógrafos de América Latina, Perú, 2013, p. 1-18
- SIMON, A.L.H.; TRENTIN, G.; CUNHA, C.M.L. Avaliação da dinâmica do uso da terra na bacia do arroio santa bárbara – Pelotas (Brasil), no período de 1953 a 2006. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**, v. 14, p. 327, 2010.
- SILVA, Q. D. da. **Mapeamento Geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado) Presidente Prudente: UNESP, 2012.
- SOUSA, S.B. de. **Caracterização climatológica da zona costeira do Maranhão**. São Luís: SEMA/GERCO, 1993. 40p.
- SOUSA, C. M. de. Evolução do uso do solo das terras no alto curso do Rio Jordão em Araguari (MG). [manuscrito]/ Camilla Maria de Sousa.-2014. CVI, 106.
- SPINELLI, K. Fundamentos de geomorfologia e biogeografia/ Kátia Spinelli (Org.)... [et al.] . Indaial : UNIASSELVI, 2015.
- STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **The Geological Society of America Bulletin**, v. 63, p. 923-938, 1952.

TUCCI, C. E. M. e BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. ABRH, Ed. UFRGS: Porto Alegre – RS, 2003, 471 p.

TUCCI, C. E. M. 1997. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. Ed. Porto Alegre: ABRH, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a visão mundial da água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. 2000;5( 3): 31-43.

TUCCI, C. E. M. 2001. **Hidrologia: ciência e Aplicação**. 2ª ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS:ABRH.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3º edição. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ ABRH, 2002. cap 2, p. 40-42.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São Jose dos Campos: INPE, 2008.

VELOSO, A. J. G. **Importância do Estudo das Vertentes**. Universidade Federal Fluminense, 2002.

VIEIRA, V.T.; CUNHA, S.B. **Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis**. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 9ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2012, p.111-145.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada**, São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975, 245 p.

YOUNG, A. *Slopes*, London: Longman. 1972.

ZANELLA, M. E; OLIMPIO, L. J; COSTA, M. C. L; DANTAS, E. W. C. **Vulnerabilidade Socioambiental Do Baixo Curso Da Bacia Hidrográfica Do Rio Cocó**. Fortaleza-Ce. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (2): 317-332, maio/ago., 2013.

## APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DO  
MARANHÃO**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE EDUCAÇÃO CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - CECEN  
DEPARTAMENTO DE HISTÓRIA E GEOGRAFIA  
CURSO DE GEOGRAFIA**

### ROTEIRO DE ENTREVISTA

**Nº da Ficha:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ **Município:** \_\_\_\_\_ **Bairro:** \_\_\_\_\_

**Logradouro:** \_\_\_\_\_

**Nome:** \_\_\_\_\_ **Idade:** \_\_\_\_\_ **Tempo de Moradia:** \_\_\_\_\_

**1 – Você já presenciou algum fenômeno de enchente ou inundação?**

**2 – Quais os meses de maior ocorrência desse fenômeno?**

JAN ( )    FEV ( )    MAR ( )    ABR ( )    MAI ( )    JUN ( )

JUL ( )    AGO ( )    SET ( )    OUT ( )    NOV ( )    DEZ ( )

**3 – Sua residência já foi atingida por esse fenômeno (Enchente ou inundação)?**

**4 – Qual ano ocorreu com mais intensidade?**

**5 – Qual altura máxima que a Enchente/inundação atingiu a sua residência?**

**6 - Você teve alguma perda material? Qual?**

**7 – Em sua opinião, este fenômeno está se intensificando ou regredindo?**

**8 - Você ou alguém da sua família adquiriram algum problema de saúde em decorrência desse fenômeno? Qual?**

**9 - Já presenciou alguma fatalidade em decorrência desses fenômenos?**

**10 - Como é a atuação do Poder Público e da Defesa Civil durante os fenômenos de enchentes e inundações?**

**Considerações:**



### ANEXO A - MODELO DE PROTOCOLO LOBO (2011)

Código do ponto de coleta:			
Local:			
Data:			
Corpo Hídrico:			
Bacia Hidrográfica:			
Coordenadas UTM:			
Altitude (m):			
<b>PARÂMETROS</b>	<b>PONTUAÇÃO</b>		
	<b>4 PONTOS</b>	<b>2 PONTOS</b>	<b>0 PONTOS</b>
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/Comercial/ Industrial
2. Impactos antrópicos na margem	Ausente	Moderada	Acentuada (fábricas, siderúrgicas, canalização, reutilização de curso do rio, esgoto, lixo)
3. Impactos antrópicos no leito	Ausente (livre de qualquer material em suspensão/lixo)	Moderada	Acentuada
4. Odor da água e/ou do sedimento	Ausente	Moderada	Acentuada (ovo podre, óleo/ industrial)
5. Oleosidade da água e/ou do sedimento	Ausente	Moderada	Acentuada
6. Presença de plantas aquáticas	Parcial	Total	Ausente
7. Tipo de fundo	Pedras/ Cascalho/Areia	Lama/areia	Cimento/canalização

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 PONTOS	3 PONTOS	2 PONTOS	0 PONTOS
8. Diversidade de habitats	Mais de 50% com habitats diversificados (pedaços de troncos submersos, cascalho, remansos, folhiço ou outros habitats estáveis).	30 a 50% de habitats diversificados.	10 a 30% de habitats diversificados.	Menos que 10% de habitats diversificados.
9. Deposição da lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
10. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.

11. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento.	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente, mas não afetando o desenvolvimento da vegetação.	Entre 50e 70% com vegetação ripária nativa; Desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada.	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
12. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; Muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem. Canalização.

## ANEXO B- MODELO DE PROTOCOLO CARVALHO (2010)

### Matriz de Tipologias.

Trecho Canal	Características Morfológicas do Canal			Referência
Canal	Não Alterado			NA (100)
	Alterado	Aberto	Retificado	AL (200)
			Retificado e Canalizado	MA (300)
		Fechado		MA (300)

Trecho Canal	Uso do solo nas Margens	Referência
Canal	Vegetação preservada	BAIXO (10)
	Vegetação residual	BAIXO (10)
	Urbanização fraca	MÉDIO (20)
	Urbanização média	ALTO (30)
	Urbanização intensa	ALTO (30)

Trecho Canal	Uso do solo nos Interflúvios	Referência
Canal	Vegetação preservada	BAIXO (1)
	Vegetação residual	BAIXO (1)
	Urbanização fraca	MÉDIO (2)
	Urbanização média	ALTO (3)
	Urbanização intensa	ALTO (3)