



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM  
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS - IFCHS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DEGEO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGEOG

**Análise da vulnerabilidade socioambiental e os riscos de  
inundação no alto curso da Bacia do Mindu, Manaus-AM**

GABRIELE FIGUEIRA SANTANA

Manaus-AM

2024

GABRIELE FIGUEIRA SANTANA

**Análise da vulnerabilidade socioambiental e os riscos de  
inundação no alto curso da Bacia do Mindu, Manaus-AM**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Geografia. Área de concentração: Domínios da Natureza na Amazônia.

**Orientador:**

Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

**Coorientador:**

Prof. Dr. Armando Brito da Frota Filho  
SEMED/AM

Manaus-AM

2024

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S232a Santana, Gabriele Figueira  
Análise da vulnerabilidade socioambiental e os riscos de  
inundação no alto curso da Bacia do Mindu, Manaus-AM / Gabriele  
Figueira Santana . 2024  
113 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira  
Coorientador: Armando Brito da Frota Filho  
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Mindu. 2. inundação. 3. socioambiental. 4. vulnerabilidade. I.  
Vieira, Antonio Fábio Sabbá Guimarães. II. Universidade Federal do  
Amazonas III. Título

## **Membros da Banca**

**Prof. Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira**

Presidente (PPGEOG/UFAM)

**Prof. Dra. Neliane de Souza Alves**

Membro Titular Externo (UEA)

**Prof. Dra Jesuete Pacheco Brandão**

Membro Titular Interno (PPGEOG/UFAM)

Dedico este trabalho a minha mãe,  
Terezinha Figueira Santana, que  
sempre se dedicou a me mostrar  
que os estudos são continuamente o  
melhor caminho. Obrigada! (*In  
memoriam*).

## AGRADECIMENTOS

Não foi uma trajetória fácil, mas sem ajuda nada disso seria possível, por isso meu maior agradecimento é para com Deus, nos dias mais tristes e difíceis me deu força, fé e coragem para seguir em frente.

Minha mãe, na qual sempre me incentivou desde criança nos estudos e a sempre persistir no caminho do conhecimento, nunca desistiu de mim e foi por ela que insisti em chegar até o final.

Ao meu companheiro de todas as horas, Lucas que sempre me apoiou e me ajuda nas correrias do dia, foi fundamental para a reta final desta pesquisa.

Ao meu filho Tales, que me trouxe uma das maiores alegrias da vida de ser mãe, mais um incentivo para não desistir.

Ao meu orientador, Dr. Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira, por me incentivar e orientar no caminho da pesquisa desde o primeiro PIBIC, me acompanhar nos trabalhos de campos, ajudar com as análises cartográficas, aos concelhos e sentar ao meu lado e dedicar sua atenção e principalmente por ter muita paciência, obrigada pela confiança.

Ao meu co-orientador, Dr. Armando Brito da Frota Filho em que tive a grande oportunidade de trabalhar junto, com certeza me fez ter uma nova referência de pessoa e exemplo na pesquisa geográfica.

Aos meus amigos da UFAM para vida, em especial ao Jean Oliveira, pela elaboração dos mapas e disponibilidade de me ajudar nos fins de semana, dedicar uma parte do seu tempo para tirar minhas terríveis dúvidas. E ao Fredson Bernardino, que sempre ofereceu ajuda desde a criação dessa proposta e sobretudo as indicações de leitura, foram muito importantes para o caminhar da pesquisa, obrigada principalmente pela paciência.

As minhas amigas, Glenda e Larissa que também sempre me incentivaram e deram apoio e talvez acreditam mais em mim do que eu mesma, obrigada.

Aos professores do Departamento de Geografia da UFAM, Drs. Mircia Fortes, Deivison Molinari e Adorea Rebello pelas indicações de leitura e auxílio durante o período da graduação e pós-graduação.

Ao Dr. Wellington Silva, pelas ajudas nos trabalhos de campo.

Ao André Campos, pelo trabalho incrível na elaboração dos mapas da bacia.

A FAPEAM, pelo fomento da bolsa de estudo.

A todos que se ofereceram para ajudar em todos os processos, gratidão!

*Aqueles que nos amam nunca nos  
deixam realmente e sempre podemos  
encontrar em nossos corações.*

*Sirius Black*

## RESUMO

A análise dessa pesquisa tem como agente principal o alto curso da Bacia Hidrográfica do Mindu, que está compreendida dentro da área urbana da cidade de Manaus. Nesta dissertação está proposto a discussão sobre os aspectos geomorfológicos e sociais, estes aspectos estão voltados para abordagens da vulnerabilidade. Combinados com estes resultados, foi analisado áreas que mais ocorrem inundações no alto curso da bacia, para isso a metodologia deste trabalho se dividiu em: 1) caracterizar a geomorfologia; 2) caracterizar a vulnerabilidade socioambiental e 3) mapear as áreas de risco às inundações. Para criação dos mapas de cunho geomorfológico foi utilizado como base matricial da ESA - *European Space Agency* - além dessa plataforma dois sites foram utilizados na metodologia deste trabalho, o IBGE e a plataforma SACE desenvolvida pela CPRM, estes foram primordiais para o mapeamento das áreas mais vulneráveis do ponto de vista social e ambiental. Com disposição dos dados nos respectivos sites, foi possível realizar a produção cartográfica em que mostra a espacialização dessas ocorrências, contudo foi preciso a ida em campo para comprovar o monitoramento dessas áreas mais atingidas. Após a aquisição de dados, a bacia foi dividida em 3 regiões fisiográficas alto, médio e baixo curso, essa fragmentação foi definida de acordo com a diferenças de altitude que percorre o canal principal, logo o médio curso ocupa 83% da área total em seguida o baixo curso com 12% e a menor área o alto curso com 5% da sua totalidade. Os resultados mostraram que o canal principal possui 20,9 km de extensão, e atravessa 27 bairros, essa expansão ocorreu a partir do ano de 2010, em que grande parte do limite da bacia já estava ocupada. A densidade de drenagem (Dd) indica baixa disponibilidade de canais para o escoamento linear e das águas e materiais dendríticos. A bacia do Mindu faz parte do conjunto de bacias que têm os menores valores de densidade hidrográfica de Manaus. Quanto ao valor de extensão do percurso superficial (EPS) indica que a bacia está classificada em mediana, na qual recebe um elevado escoamento superficial interferindo na dinâmica do canal principal. É classificada como uma bacia de 5 ordem e possui a maior declividade classificada em suave ondulado com aproximadamente 50% a 60% da área total. A respeito do alto curso, esta região possui perímetro de 13,6 km e área de 5,74 km<sup>2</sup>. Nesta região também foi possível comprovar dos 5 pontos monitorados a inundação pelo SACE, 4 ainda são recorrentes as inundações e mostram famílias que se encontram com dificuldades do ponto de vista social e estrutural.

**Palavras chave:** Mindu; inundação; vulnerabilidade, socioambiental.

## ABSTRACT

The analysis of this research has as its main agent the upper course of the Mindu Hydrographic Basin, which is included within the urban area of the city of Manaus. In this dissertation it is proposed the discussion about the geomorphological and social aspects, these are focused on the aspects of vulnerability. Combined with these results, it analyzed areas that occur most floods in the upper course of the basin, for this the methodology of this work was divided into: 1) characterize the geomorphology; 2) characterize the socio-environmental vulnerability and 3) map the areas at risk of flooding. For the creation of the geomorphological maps, it was used as a matrix base of ESA - European Space Agency - in addition to this platform, two sites were used in the methodology of this work, the IBGE and the SACE platform developed by CPRM, these were essential for the mapping of the most vulnerable areas from a social and environmental point of view. With the availability of the data in the respective sites, it was possible to carry out the cartographic production in which it shows the spatialization of these occurrences, however it was necessary to go to the field to prove the monitoring of these most affected areas. After data acquisition, the basin was divided into 3 physiographic regions: upper, middle and lower course, this fragmentation was defined according to the differences in altitude that runs through the main channel, so the middle course occupies 83% of the total area, then the low course with 12% and the smallest area, the upper course with 5% of its totality. The results showed that the main channel is 20.9 km long, and crosses 27 neighborhoods, this expansion occurred from the year 2010, when a large part of the basin limit was already occupied. The drainage density (Dd) indicates low availability of channels for linear flow and of water and dendritic materials. The Mindu basin is part of the group of basins that have the lowest values of hydrographic density in Manaus. As for the surface course extension (EPS) value, it indicates that the basin is classified as median, in which it receives a high surface runoff, interfering with the dynamics of the main channel. It is classified as a 5-order basin and has the highest slope classified as smooth undulating with approximately 50% to 60% of the total area. Regarding the upper course, this region has a perimeter of 13.6 km and an area of 5.74 km<sup>2</sup>. In this region, it was also possible to prove that of the 5 points monitored for flooding by SACE, 4 are still recurrent and show families that are facing difficulties from a social and structural point of view.

**Keywords:** Mindu; flood; vulnerability; socio-environmental,.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>20</b>
<b><u>I - LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO.....</u></b>	<b><u>23</u></b>
1. Localização.....	23
2. Aspectos Naturais.....	24
2.1 Geologia.....	24
2.2 Geomorfologia.....	25
2.3 Clima.....	25
2.4 Hidrografia.....	26
2.5 Solo.....	27
2.6 Vegetação.....	27
2.6.1 Ambientes amazônicos:.....	27
2.6.2 Vegetação em Manaus:.....	28
3. Aspectos sociais.....	28
<b><u>II - ASPECTOS TEÓRICOS DA ANÁLISE SOBRE VULNERABILIDADE.....</u></b>	<b><u>30</u></b>
2.1 Classificações de vulnerabilidade:.....	30
2.1.1 Vulnerabilidade ambiental:.....	31
2.1.2 Vulnerabilidade social:.....	33
2.1.3 Vulnerabilidade socioambiental.....	34
2.2 O que é um risco?.....	35
2.3 Classificação de riscos:.....	35
2.3.1 Riscos ambientais.....	35
2.3.2 Riscos naturais:.....	36
2.3.3 Riscos Sociais:.....	36
2.4 Bacias Hidrográficas:.....	37
2.4.1 Bacia Hidrográfica do Mindu.....	38
2.4.2 Alto Mindu.....	38
2.5 Enchentes e Inundações.....	39
2.6 Moradias irregulares.....	41
2.8 Área de Preservação Permanente - APP.....	41
<b><u>III - MATERIAIS E MÉTODOS.....</u></b>	<b><u>43</u></b>
3.1. Caracterização da Geomorfologia da área de estudo.....	44
3.2 Modelo Digital de Elevação (MDE).....	44
3.3 Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu.....	45
3.4 Caracterização da vulnerabilidade socioambiental.....	47
3.4.1 Indicadores de Vulnerabilidades.....	47
3.4.2 Identificando os dados.....	49
3.4.2.1 Identificação no arquivo.....	50
3.4.2.2 2º Tabulação de dados.....	51
3.4.2.3 3º Porcentagem.....	52

3.5. Mapeamento das áreas de risco a inundações.....	52
3.5.1 SACE - Sistema de Alerta de Eventos Críticos.....	52
3.5.2 Risco de Inundação.....	54
3.5.3 MAPBIOMAS.....	56
<b><u>IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</u></b>	<b><u>57</u></b>
4.1 Caracterização da Geomorfologia do alto curso da Bacia do Mindu.....	57
4.1.1 Hipsometria.....	57
4.1.1.1 Densidade de Drenagem.....	57
4.1.1.2 Densidade hidrográfica.....	59
4.1.1.3 Extensão do percurso superficial (EPS).....	59
4.2.1 Declividade.....	59
4.3.1 Morfometria.....	63
4.4.1 Regiões Fisiográficas.....	65
4.5.1 Uso e ocupação da terra entorno da Bacia do Mindu.....	69
4.6.1 Alto curso.....	70
4.7.1 Riscos que a sociedade enfrenta diariamente em relação às águas do Mindu.....	81
4.8.1 Análise da vulnerabilidade socioambiental.....	85
4.9.1 Renda.....	87
4.10.1 Acesso a água.....	88
4.11.1 Analfabetismo.....	89
4.12.1 Domicílios alugados.....	90
4.13.1 Domicílios próprios.....	91
4.14.1 Rede elétrica.....	92
4.15.1 Esgotamento sanitário irregular.....	93
4.16.1 Esgotamento sanitário regular.....	94
4.17.1 Lixo coletado.....	95
4.18.1 Lixo despejado em outros destinos.....	96
4.19.1 Lixo despejado em vias fluviais.....	97
4.20.1 Domicílios cedidos.....	99
4.21.1 Vulnerabilidade socioeconômica e os riscos de inundação no alto curso da bacia do Mindu.....	100
<b><u>V. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</u></b>	<b><u>102</u></b>
<b><u>VI - REFERÊNCIAS.....</u></b>	<b><u>105</u></b>

## LISTA DE SIGLAS

- ANA** - Agência Nacional de Água
- APP** - Área de Preservação Permanente
- BHM** - Bacia hidrográfica do Mindu
- CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
- DPA** - Divisão Política Administrativa
- ESA** - European Space Agency
- ECA** - Estatuto da Criança e do Adolescente
- IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IPT** - Instituto de Pesquisas Tecnológicas
- NASA** - *National Aeronautics and Space Administration*
- OLI** - *Operational Land Imager*
- OMS** - Organização Mundial da Saúde
- PNA** - Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima
- RHN** - Rede Hidrometeorológica Nacional
- SACE** - Sistema de Alerta de Eventos Críticos
- SUBDEC** - Subsecretaria Municipal de Defesa Civil
- SRTM** - *Shuttle Radar Topography Mission*
- TIRS** - *Thermal Infrared Sensor*
- USGS** - United States Geological Survey

## LISTA DE SÍMBOLOS

**A** - Área da bacia

**Cm** - Coeficiente de manutenção

**Dd** - Densidade de Drenagem

**Dr** - Densidade de rios

**Eps** - Extensão do Percurso Superficial

**Ic** - Forma da bacia

**L** - Comprimento da bacia

**Lt** - comprimento total dos canais

**Fs** - Densidade de segmento da bacia

**ni** - número de segmentos de determinada ordem

**P** - Perímetro

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: localização do alto curso da Bacia do Mindu.....	22
Figura 02: localização do igarapé do Mindu.....	23
Figura 03: Risco como interface da natureza e da sociedade.....	36
Figura 04: vazão: perfil esquemático do processo de enchente e inundação.....	39
Figura 05: Fluxograma de processo metodológico.....	42
Figura 06: organização de tabela de variáveis, IBGE.....	50
Figura 07: planilha de geocódigos.....	51
Figura 08: obtenção de porcentagem mediante fórmulas do Excel.....	51
Figura 09: Definição de Cotas de Referência adotadas pelos Sistemas de Alerta Hidrológico.....	53
Figura 10: classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Mindu.....	60
Figura 11: resultado dos índices morfométricos da BHM.....	64
Figura 12: Uso da terra na Bacia Hidrográfica do Mindu.....	68
Figura 13: área e perímetro do alto curso do Mindu.....	70
Figura 14: Registro de inundações no alto curso da BHM.....	71
Figura 15: pontos visitados em campo com base no monitoramento da CPRM.....	73
Figura 16: vistoria em campo primeiro ponto (P1).....	74
Figura 17: vista no sentido sul do canal principal do Mindu (P1).....	75
Figura 18: benefício da vegetação nas margens do alto Mindu, vista no sentido norte do canal (P1).....	75
Figura 19: primeiro ponto de inundação monitorada pela CPRM.....	76
Figura 20: dificuldade de acesso no P2.....	77
Figura 21: trecho com maior risco de inundação do alto curso.....	78

Figura 22: vertentes, agentes que favorecem o processo de inundação (Rua Plutarco).....	79
Figura 23: vertentes, agentes que favorecem o processo de inundação (Rua São Pedro).....	79
Fig. 24: A) casas próximas ao canal recobertas por vegetação e lixo no local. B) casas de palafitas com escoamento para o canal principal. C) canal passando próximo a estabelecimentos sem proteção na lateral esquerda. D) passagem improvisada entre casas e o canal.....	80
Figura 25: crianças banham-se durante o dia nas águas do Mindu.....	81
Figura 26: Processo da obra da prefeitura no alargamento do canal do Mindu A) processo após retirada de moradores para abertura do canal B) obras em andamento na abertura do canal C) processo finalizado recente com pouca vegetação no entorno e D) alargamento do canal finalizado.....	82
Figura 27: médio curso do Mindu, que sofreu intervenção da prefeitura, o destaque mostra as placas de intervenção da prefeitura.....	83
Figura 28: sinalização de placas onde acontecem as obras da prefeitura.....	83
Figura 29: famílias vivendo com até 2 salários mínimos no alto curso do Mindu.....	86
Figura 30: distribuição de água no alto curso do Mindu.....	87
Figura 31: taxa de analfabetismo no alto curso do Mindu.....	88
Figura 32: domicílios alugados no alto curso do Mindu.....	89
Figura 33: domicílios próprios ou quitados.....	90
Figura 34: distribuição de energia elétrica no alto curso do Mindu.....	91
Figura 35: domicílios com esgotamento sanitário em vias fluviais.....	92
Figura 36: domicílios com esgotamento via vala.....	93
Figura 37: domicílios com coleta de lixo.....	94
Figura 38: domicílios com despejo em outros destinos.....	95
Figura 39: lixeira viciada próximo ao canal do alto curso do Mindu.....	96

Figura 40: domicílios cedidos a outras pessoas.....	98
Figura 41: vulnerabilidade socioeconômica e risco de inundação no alto curso do Mindu.....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: estimativa de área em km <sup>2</sup> da bacia hidrográfica do Mindu.....	61
Gráfico 02: estimativa percentual de classe / área da bacia hidrográfica do Mindu.....	62
Gráfico 03: perfil longitudinal da bacia hidrográfica do Mindu.....	66
Gráfico 04: estimativa de área da bacia hidrográfica do Mindu.....	67
Gráfico 05: extensão do canal nas regiões (km).....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade.....	47
Quadro 02: classificação das classes de perigo.....	54
Quadro 03: Classificação das classes de vulnerabilidade.....	54
Quadro 04: Classificação das classes de risco.....	54
Quadro 05: Classes interpretativas para os valores de Densidade de Drenagem (Dd).....	56
Quadro 06: Classificação dos valores da extensão do percurso superficial.....	58
Quadro 07: valores da declividade em porcentagem (%), área (Km <sup>2</sup> ) da bacia hidrográfica do Mindu.....	60
Quadro 08: valores das regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do Mindu.....	66

## LISTA DE MAPAS

Mapa 01: estimativa hipsométrica da bacia hidrográfica do Mindu.....	57
Mapa 02: Mapa morfométrico da bacia hidrográfica do Mindu.....	59
Mapa 03: Declividade da bacia hidrográfica do Mindu.....	63
Mapa 04: regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do Mindu.....	65
Mapa 05: número de moradores no alto curso do Mindu.....	88
Mapa 06: despejo de lixo em rio, lago ou mar.....	97

## INTRODUÇÃO

O atual cenário global vem demonstrando várias alterações na paisagem e na dinâmica das relações naturais e antrópicas. As mudanças climáticas são os principais reflexos desse dinamismo que se enfrenta diariamente: inundações, deslizamentos, furacões, queimadas, secas etc., as quais demonstram a recorrente busca por alternativas e medidas mitigadoras para a chamada “solução global”. Protocolos, tratados e acordos entre países têm se tornado mais frequentes e com medidas mais rígidas para conter o avanço da intensa exploração ambiental, porém, pouco já foi reconsiderado. Uma forma de conter maiores desastres é o conhecimento da real situação, suas causas e consequências para o controle e principalmente alertas de segurança.

Ao trabalhar-se com vulnerabilidade, depara-se com as mais diversas formas de interpretá-la, seja social, técnica, jurídica e com outros intuitos de aprofundar em uma abordagem pretendida, na intenção de enfatizar essa terminologia e em apresentar a sua real relevância para o estudo. Há uma intensa convergência de conceitos entre RISCO e VULNERABILIDADE, pois estes estão atrelados com maior protagonismo na área ambiental dificultando o pleno entendimento do uso dos termos nos casos que se aplicam (AQUINO *et al.*, 2017). Acselrad (2016), discute a vulnerabilidade como uma noção relativa na qual está normalmente associada à exposição aos riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo.

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima — PNA, instituído em 10 de maio de 2016 por meio da Portaria n.º 150, o Governo Federal em colaboração com a sociedade civil teve como objetivo promover ações que reduzissem as vulnerabilidades nacionais de diversos setores, entre eles o das populações (BRASIL, 2016).

Posto isto, a vulnerabilidade nesta pesquisa associa-se ao socioambiental na qual Sena *et al.* (2019), abordam como resultado de uma junção de fatores que definem o grau na qual a vida, e a forma de vida de alguém são colocadas em risco. Muitos autores dedicam-se a essa compreensão dos estudos voltados para áreas mais vulneráveis em diferentes contextos, como a análise da vulnerabilidade de regiões à mudança climáticas, reservas hídricas subterrâneas à contaminação por

agrotóxico e nitrato; geossistemas a processos morfogenéticos e pedogenéticos; bacias hidrográficas à degradação ambiental e ecossistemas à degradação ambiental e os riscos ambientais (LIMA *et al.* 2000; TRAN *et al.*, 2002; ZIELINSKI, 2002; VILLA e McLEOD, 2002; METZGER *et al.*, 2006; BARRETO, 2006; JORGE e GUERRA, 2020), pois dessa forma, é possível compreender a importância deste assunto e os seus subníveis de temática.

Diante de tais aspectos, esta pesquisa visou estabelecer a relação entre estes principais conceitos, sendo o recorte espacial o alto curso da bacia do Mindu na área urbana da cidade de Manaus, capital do Amazonas. Para isso, é importante compreender o meio físico e o social, já que a maior parte da cidade foi resultado de ocupações irregulares. No que refere ao social, esta cidade recebeu um intenso fluxo migratório, em que contribui para a expansão urbana. Esses fluxos migratórios refletiram diretamente em Manaus, em parte negativamente, pois em alguns casos, ocasionou o crescimento de comunidades urbanas (IBGE, 2024) e ocupações em áreas mais frágeis para receber um quantitativo populacional massivo.

No que cerne os aspectos físicos, a cidade de Manaus localiza-se na Amazônia Central, sendo predominante a Floresta Ombrófila, a qual se caracteriza por seus sistemas sob o clima tropical chuvoso, sendo este responsável por atuar nas áreas que estão a seu alcance, logo a cidade se molda conforme o clima e a vegetação. Casas próximas aos canais conhecidos como palafitas (tipos de moradia que são adaptadas para receberem as cheias no período mais chuvoso). Nos períodos mais chuvosos na cidade, que corresponde aos meses de novembro a abril (DÁVILA JUNIOR e VIEIRA, 2019), são recorrentes os registros de inundações. Porém, parte dessas inundações ocorrem devido a proximidade de canais fluviais que impactam diretamente moradias próximas e estes. Soma-se a isso, o descaso com a falta de planejamento adequado por parte do poder público em direcionar a ocupação para áreas menos suscetíveis ao invés de permitir a ocupação em zonas onde as inundações podem ser uma possibilidade (baixa altimetria do relevo).

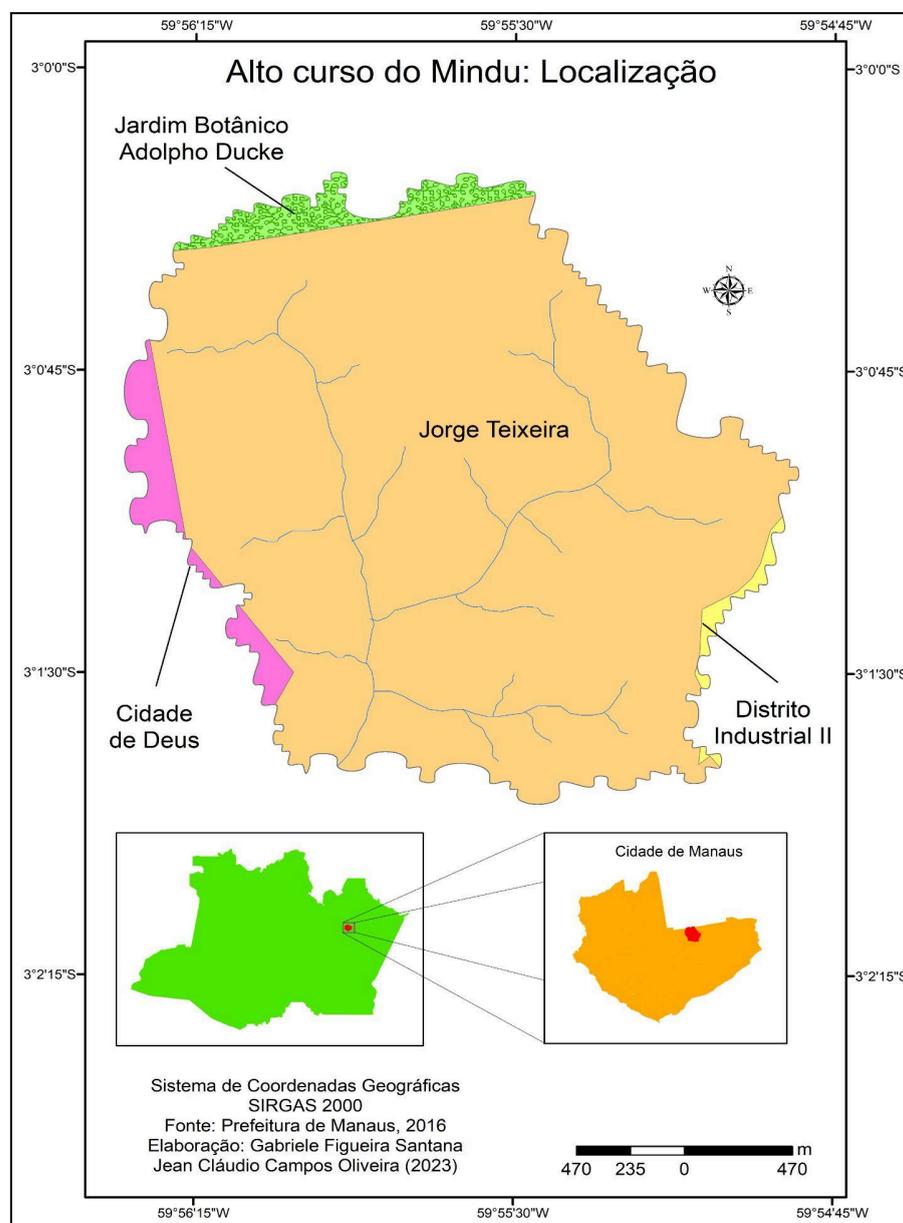
Assim, as inundações em Manaus, ocorrem em pontos específicos, seja por motivo de baixo saneamento ou negligência do planejamento urbano, por permitir a ocupação em áreas que deveriam estar protegidas segundo o CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Desta forma, a presente pesquisa buscou compreender a dinâmica da Bacia Hidrográfica do Mindu em meio urbano, em especial o alto curso, assim o objetivo principal é analisar a vulnerabilidade socioambiental do alto curso do Mindu relacionada à inundação, sendo os específicos 1) caracterizar a geomorfologia da área de estudo; 2) caracterizar a vulnerabilidade socioambiental e 3) mapear áreas de riscos às inundações.

## I - LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS FÍSICOS DA ÁREA DE ESTUDO

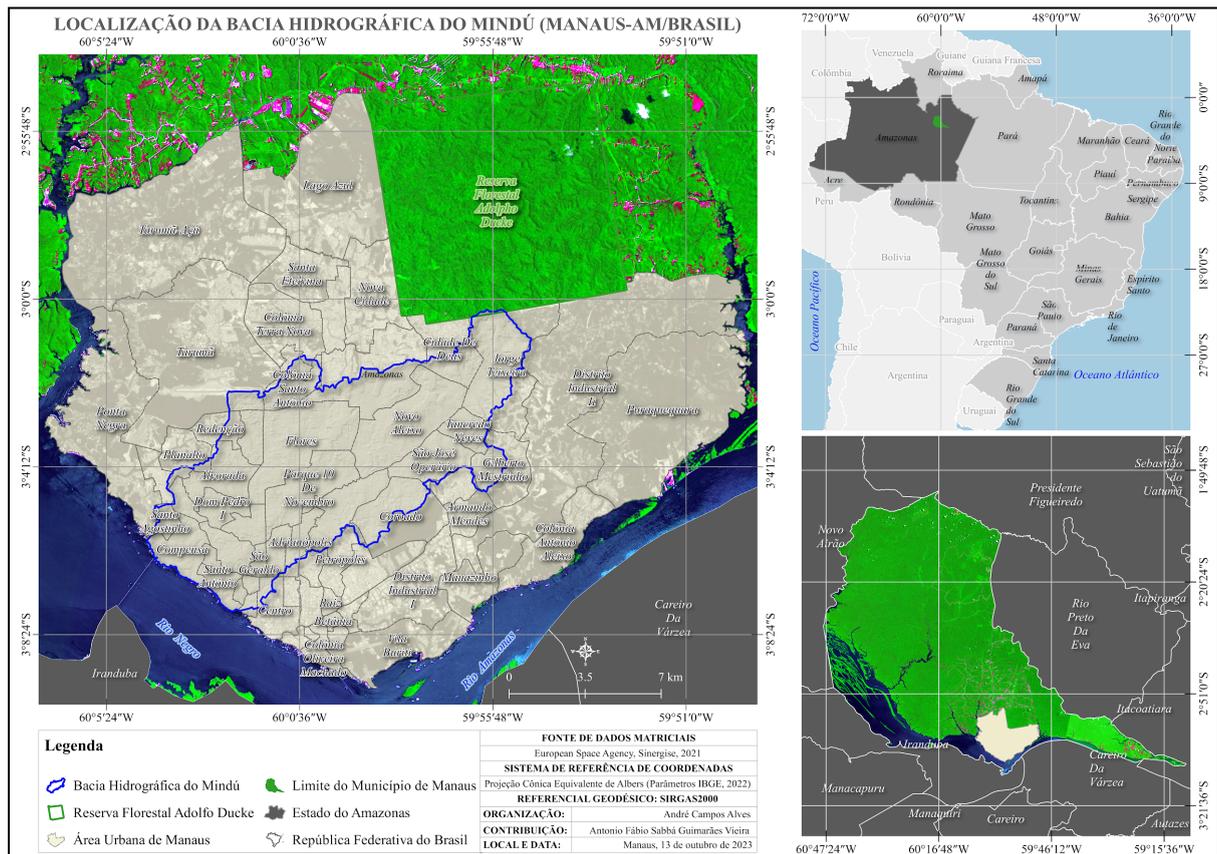
### 1. Localização

A cidade de Manaus encontra-se na margem esquerda do Rio Negro, sendo a capital mais populosa da região norte, estimada com 2.255.293 habitantes, segundo o IBGE (2021), está localizada na porção do médio Amazonas. Na mancha urbana, a área de estudo dessa pesquisa compreende o alto curso da Bacia do Mindu. A nascente desta bacia (figura 01) encontra-se no bairro Jorge Teixeira na zona leste, tendo limites com o bairro Distrito Industrial II, Cidade de Deus e a Reserva Florestal Adolfo Ducke.



**Figura 01:** localização do alto curso da Bacia do Mindu.

Ao todo o igarapé do Mindu destacado na cor azul (figura 02) possui cerca de 22 km de extensão, e uma área de 66 km<sup>2</sup> e seu canal principal possui uma extensão de 20,9 km, o canal principal corta a cidade de Manaus na direção preferencial de nordeste-sudoeste (NE-SW) (figura 02). A vazão e velocidade do igarapé do Mindú possuem valor médio de 14,6 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> e 0,9 m s<sup>-1</sup> respectivamente (QUEIROZ *et al.*, 2020).



**Figura 02:** localização do igarapé do Mindu.

## 2. Aspectos Naturais

### 2.1 Geologia

A geologia da cidade de Manaus está representada pela Formação Alter do Chão do Neo-Cretáceo (SIMAS, 2008). Segundo Leal (1996) *apud* Vieira (2008), essa formação tem constituição iniciada no Albiano Médio a Superior (entre 112 a 99,6 Ma – na Era Mesozóica, Período Cretáceo), estendendo-se pelo Cenomaniano (99,6 a 93,5 Ma– Cretáceo Superior) ao Turoniano (93,5a 89,3 Ma – Cretáceo

Superior). Na Formação Alter do chão foram identificados por Aguiar (2002) quatro fácies sedimentares: argilosa, areno-argilosa, arenosa e “Arenito Manaus”. O arenito Manaus é a principal rocha, a qual é composta por arenitos e siltitos silicificados, geralmente avermelhados ou esbranquiçados e apresenta estratificações plano-paralelas e cruzada (BARBOSA, 2013). Esse arenito aflora em vários trechos ao longo do canal principal da Bacia do Mindu.

## 2.2 Geomorfologia

A unidade de relevo na qual a cidade de Manaus está inserida é o planalto da Amazônia Oriental, que segundo Ross (2003) é um modelado de formas de topos convexos ou planos, com ocorrência descontínua de morros residuais de topos planos chamados de tabuleiros, apresentando intensa atuação de processos erosivos (VIEIRA, 2008). Compreende o Planalto Dissecado rio Trombetas/Rio Negro (IGREJA, 2000; SILVA, 2005).

Essa superfície tabular constitui elemento de armazenagem da água da chuva e uma vez excedida a capacidade de armazenamento, o fluxo que se forma segue em direção à encosta (VIEIRA, 2008). O domínio geomorfológico composto por colinas pequenas e médias dissecadas, vales fechados e intensa rede de drenagem desenvolve-se sobre a superfície da Formação Alter do Chão (LEAL, 2018). As cotas altimétricas variam de 30 m a 100 m, sendo classificada como interflúvio tabular e cortado por uma rede de canais, conhecidos regionalmente como igarapés (SILVA, 2005; VIEIRA, 2008).

A cidade de Manaus, varia sua altimetria conforme as zonas, indo de uma encosta mais retilínea (oeste), como para as convexas (leste), essa última em sua grande maioria apresenta processos erosivos mais acentuados, como voçorocamento e movimento de massa.

## 2.3 Clima

A região Amazônica apresenta regime de precipitação modulado por sistemas atmosféricos dinâmicos de micro, meso e grande-escalas (LOUREIRO *et al.*, 2014). Segundo Ab'Saber (2021), o fato de possuir terras nos dois lados da linha do Equador reflete diretamente na marcha dos períodos de maior precipitação no

espaço total da Amazônia. Este mesmo autor, afirma que o clima úmido regional comporta de dois a três meses secos, entre agosto e outubro, sofrendo a incidência eventual das mais elevadas temperaturas absolutas de toda a Amazônia.

Apesar de ser uma grande área urbana com mais de 11.401 km<sup>2</sup> (IBGE, 2021), Manaus recebe muita influência da vegetação que rodeia a cidade. Os rios também possuem um fator determinante para a população estimada que chega a 2.255.903, segundo o IBGE (2021). Manaus, apresenta características de clima equatorial úmido, com temperaturas médias de 27,9°C oscilando entre 23,7°C e 32,1°C (médias das mínimas e das máximas, respectivamente) (SANTANA, 2017). Quanto a média da pluviosidade na cidade chega 2339,3 mm, sendo a média das mínimas anuais entre de 2049,32 mm e a média das máximas anuais de 2629,42 mm, com isso, a localização da cidade recebe uma forte influência dos volumes de vapor d'água oriundos da Floresta Amazônica, por conta da evapotranspiração e o produto desse fenômeno são os intensos níveis de pluviosidade em forma de eventos convectivos (D'AVILA JUNIOR e VIEIRA, 2019). Os mesmos autores afirmam que os meses mais chuvosos são os meses de fevereiro, março e abril e os menos chuvosos os meses de julho, agosto e setembro.

#### *2.4 Hidrografia*

Manaus concentra-se em uma das 12 bacias hidrográficas brasileiras, a Bacia Amazônica, sendo esta a maior em extensão territorial em torno de 6 milhões de quilômetros quadrados, onde circulam 20% das águas doces existentes no planeta (AB'SÁBER, 2021). A paisagem na região possui predomínio de moradias ribeirinhas, casas nas margens dos rios, nas áreas de várzeas sujeitas a inundações nos períodos mais chuvosos na região. Esse aspecto mostra a identidade para uma parcela da população do Estado na qual precisa adaptar-se aos referidos períodos.

No cenário da cidade de Manaus, a cidade comporta 19 bacias hidrográficas sendo as maiores: bacia do Tarumã, bacia do Gigante, bacia do São Raimundo e bacia do Educandos (VIEIRA, 2008).

O Rio Negro constitui o escoadouro final dos cursos de água que atravessam a cidade e o regime hidrológico desse rio apresenta dois períodos: o de cheia (janeiro a junho), que corresponde localmente à época chuvosa, onde esses

canais ficam com grande volume de água e o período da vazante de agosto a outubro.

## 2.5 Solo

Assim como os demais elementos que compõem o ambiente, o solo tem sua importância, porém, se não trabalhado corretamente pode sofrer grandes impactos, afetando o meio físico e conseqüentemente o meio social. Em seu estado natural, o solo encontra-se coberto pela vegetação, que o protege da erosão e contribui para manter o equilíbrio entre os fatores de sua formação e aqueles que provocam sua degradação (FACCI, 2008).

Quanto ao solo do sítio de Manaus, este possui predominância de duas classes: Latossolo Amarelo e Espodossolo (VIEIRA, 2008). A classe Latossolo é identificada de cor amarela e vermelho-amarela e bastante argilosa. Já a classe do Espodossolo, têm um horizonte claro arenoso sobre outro escuro, com acúmulo eluvial de compostos de alumínio e/ou ferro e/ou húmus (LEPSCH, 2012). Em contrapartida, o Espodossolo varia de arenoso a areno-argiloso com tons amarelados e as areias mais brancas, sendo este tipo de solo encontrado em áreas de fundo de vale, onde se desenvolve uma vegetação do tipo campinarana a campina.

## 2.6 Vegetação

### 2.6.1 Ambientes amazônicos:

Na Amazônia encontram-se três tipos de ambientes predominantes que irão resultar nas suas características: 1) terra firme, fora do alcance das enchentes, com presença de árvores de maior porte e com troncos mais grossos, constituindo uma floresta mais densa; 2) várzea, a vegetação que ocorre nesse ambiente, está sujeita aos períodos de cheias e vazantes na região, sendo semelhante à vegetação de terra firme, porém, com espécies de menor porte; 3) igapó, essa vegetação é peculiar de áreas constantemente alagadas nas margens de rios com solos mais arenosos dando má formação para as árvores, pois corresponde a terrenos mais baixos.

### **2.6.2 Vegetação em Manaus:**

O tipo de vegetação que predomina no sítio urbano de Manaus é do tipo Floresta Ombrófila Densa (BOHRER e GONÇALVES, 1991). O IBGE (2012), classifica esse tipo de vegetação como "presa" a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C). Mantovani e Santos (2007), classifica esse tipo de vegetação como o bioma terrestre mais rico e diverso da Terra. Estas florestas são encontradas sob climas tropicais chuvosos, sem nenhuma estação seca ou de monção, com breve estação seca, que pode se estender até 90 dias secos, e chuvas intensas no resto do ano o que determina uma situação bioecológica praticamente sem período biologicamente seco. Este tipo de vegetação se encontra sobre a floresta densa de terra firme na Amazônia Central (SILVA *et al.*, 2015).

A área de estudo (porção superior da Bacia do Mindu) em resumo para análise da vulnerabilidade e inundação, encontra-se sobre a Formação Alter do Chão, a Geomorfologia é composto por colinas pequenas e médias dissecadas, vales fechados e intensa rede de drenagem, o clima é do tipo equatorial úmido, apresentando forte presença de chuvas em períodos mais longos, favorecendo as enchentes e em casos extremos as inundações, quanto a vegetação está sob predomínio da Floresta Amazônica do tipo Ombrófila Densa, característica também de uma alta pluviosidade, uma hidrografia marcada pela presença de pequenos canais (igarapés) que facilmente transbordam em chuvas de maiores volumes e o Solo deste sítio urbano, possui predominância de duas classes, Latossolo amarelo apresentando baixa fertilidade natural, com teores muito reduzidos de bases trocáveis e fósforo. Já o Espodossolo são predominante arenosos com acúmulo de matéria orgânica e compostos de ferro e/ou alumínio em profundidade. (VIEIRA, 2008).

### **3. Aspectos sociais**

Uma das principais características da população manauara é a sua diversidade étnica, muitos traços culturais são encontrados na cidade, e isso demonstra a sua diversidade cultural oriundo de migrações para região em diferentes momentos históricos. O período que mais ficou marcado na capital foi

entre os ciclos da borracha, na qual, a cidade recebeu muitos imigrantes que aqui acabaram estabelecendo suas famílias e trouxeram consigo as suas culturas. Contudo é necessário compreender o reflexo da chegada de uma massa de imigrantes em uma cidade que não tinha planejamento pré-definido para receber o quantitativo de pessoas ao longo do tempo, com isso, muitos bairros foram moldando-se, até atingir áreas de proteção ambiental (APP), esse tipo de ocupação, algumas vezes irregular contribuiu para processos prejudiciais do ponto de vista ambiental dentro da área urbana.

Quanto aos bairros que estão no entorno do alto curso, apenas o Jorge Teixeira não foi produto de ocupações irregulares, foi um bairro planejado e entregue lotes de terras para a população mais carente ainda no governo do então prefeito Artur Virgílio Neto em 14 de março de 1989, e foi subdividido em 4 etapas para atender maior número de famílias. Já o bairro Cidade de Deus é produto de ocupações irregulares dentro de Manaus, esse bairro localiza-se na zona leste da cidade e concentra parte da população desta zona. O avanço desse e outros bairros com pouco planejamento urbano ocasiona ocupações em áreas mais vulneráveis ao risco como em encostas mais íngremes, característico do relevo onde situam-se maior parte dos bairros das zonas leste e norte de Manaus.

## II - ASPECTOS TEÓRICOS DA ANÁLISE SOBRE VULNERABILIDADE

A compreensão da vulnerabilidade socioambiental faz-se necessário a análise da dinâmica entre sociedade e o relevo e para isso, a Geomorfologia Urbana, propõe-se explicar essa interação devido a preocupação com diversas mudanças que o homem tem provocado no meio. Estas mudanças feitas pelo ser humano são construções realizadas de modo acelerado ocasionado pelo crescimento urbano, na qual, muitas vezes não obedece aos condicionantes biofísicos do lugar original de implantação (JORGE, 2011).

A partir dessa perspectiva o foco desta pesquisa seguirá uma abordagem dentro das bases da Geomorfologia urbana com foco na vulnerabilidade socioambiental.

### 2.1 Classificações de vulnerabilidade:

Os estudos sobre vulnerabilidade vêm ganhando destaque no cenário nacional e internacional, pois é um reflexo das ações negativas do homem, seja na busca de recursos não renováveis ou no uso desenfreado do consumismo, provocando um desequilíbrio que pode ser notado nas mudanças climáticas, por exemplo. Outro cenário que a vulnerabilidade também está presente é junto a população mais carente principalmente nas áreas urbanas. Muitas moradias irregulares são resultado dessa exclusão social, o que deixa famílias menos favorecidas em áreas de perigo ambiental

O conceito de vulnerabilidade é multifacetado, pois abrange, várias áreas e sistemas e varia de acordo com a realidade que está inserido, normalmente associado a áreas de risco e de fragilidade social. A partir dessa premissa sobre vulnerabilidade, Aquino *et al.* (2017) aponta o conceito da seguinte forma:

O conceito de vulnerabilidade se aplica para entidades (pessoas, ecossistemas) e também para conceitos abstratos (sistemas sociais, sistemas econômicos, países). A ideia de vulnerabilidade é geralmente retratada em termos negativos, e indica o estado de susceptibilidade decorrente de três fatores chaves: exposição ao risco; alterações sociais e/ou ambientais e incapacidade de adaptação (pág. 13).

Segundo Florenzano (2008), a Geomorfologia também está associada com a vulnerabilidade/fragilidade do meio ambiente e no estabelecimento de legislação para a sua ocupação e proteção. A mesma autora também reforça que dependendo das características de uma forma de relevo, este pode favorecer ou dificultar a ocupação dos ambientes terrestres pelo homem. Lima *et al.* (2007) abordam a avaliação da vulnerabilidade fornecendo uma estrutura para entender onde é vulnerável e por quê, assim identifica-se as causas sociais, econômicas, e ambientais, ou outro aspecto de degradação ambiental. Segundo Raigoza e Marengo (2007) *apud* Sena *et al.* (2019) a ideia de vulnerabilidade tem suas raízes no estudo de risco de eventos naturais e que resulta numa junção de fatores que definem o grau na qual a vida e forma de vida de alguém são colocadas em risco por um evento discreto e identificável na natureza e na sociedade.

A vulnerabilidade em si, se refere a determinadas questões (mudança climática, erosão etc.), é importante ressaltar a relação para com os problemas e impactos ambientais, uma vez que um sistema pode ser vulnerável a um tipo de problema enquanto a outros não (GALLOPIN, 2006).

### *2.1.1 Vulnerabilidade ambiental:*

Segundo Aquino *et al.* (2017), apontam que a vulnerabilidade ambiental pode ser definida como o grau em que um sistema natural é suscetível ou incapaz de lidar com os efeitos das interações externas. Algumas dessas interações têm ligação direta com as ações antrópicas, ou ainda de sistemas frágeis de resiliência, ou seja, um ambiente com baixa capacidade de regeneração, como por exemplo: montanhosos, encostas geologicamente instáveis, baixas planícies costeiras, entre outros.

No que diz respeito ao ambiental os conceitos de risco e vulnerabilidade andam lado a lado, no intuito de caracterizar uma determinada situação, visto que o primeiro está mais associado ao que está visível e o segundo algo que está mais suscetível a um impacto mais negativo.

Tricart (1977) aborda o conceito de ecologia atrelado ao do meio ambiente, ou seja, as relações que nele está contido o homem que participa e modifica o ecossistema para sua adaptação. Este conceito permite a compreensão de *sistema*,

no qual “é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia” (TRICART, 1977).

Para melhor entendimento da dinâmica ambiental, faz-se o uso de aplicação dos ecossistemas, tendo em vista, que este conceito é o melhor instrumento lógico para estudar os problemas do meio ambiente, pois a partir da investigação dos sistemas e das trocas com o meio, pode-se obter melhores técnicas e resultados para uma atuação em prol do meio ambiente.

Quanto à ecodinâmica, Tricart (1977), descreve como dinâmica dos ecótopos<sup>1</sup>, é a dinâmica do meio ambiente e dos ecossistemas e é tão importante para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos. Sobre esse conceito, Aquino *et al.* (2017), aborda sobre a atitude de adotar da dialética entre a necessidade de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma ação eficaz sobre esse meio ambiente.

De acordo com Santos (2007), este faz a relação com vulnerabilidade ambiental com os sistemas de elementos, os quais tem uma troca mútua com o meio e onde residem os seres vivos. A autora categoriza esses elementos sendo solo, recursos hídricos, vegetação e campos agrícolas, estes são estruturas do meio que se relacionam através de fluxos e ciclos os quais trazem retorno a curto prazo.

Conforme Figueirêdo (2010), considera a vulnerabilidade um sistema à degradação ambiental proveniente de pressões associadas à adoção de inovações ou atividades agroindustriais, assim conceitua-se a vulnerabilidade ambiental a susceptibilidade de um sistema, considerando-se:

- A exposição do sistema às pressões ambientais, é avaliada por indicadores que mostram a pressão antropogênica exercida no sistema.
- A sensibilidade do sistema às pressões exercidas, é avaliada pelo uso de indicadores que mostram as características do meio físico e biótico próprias de uma região (tipo de solo, clima, vegetação etc).
- A capacidade de resposta do meio é avaliada pela adoção de ações de conservação ou preservação ambiental que mitigam ou reduzem os possíveis efeitos das pressões exercidas.

Portanto, são as características e magnitudes de interações ao qual um sistema está exposto, a sensibilidade do sistema e sua capacidade de adaptação a

---

<sup>1</sup> Conjunto de habitats em que uma determinada espécie vive.

qualquer tipo de alteração que dita a vulnerabilidade ambiental deste sistema (AQUINO, 2017).

### 2.1.2 *Vulnerabilidade social:*

Segundo García (2019), a vulnerabilidade se encontra muito ligada à luta, contra desigualdade e a discriminação e ainda se encontra ainda mais frequente entre grupos vulneráveis como: crianças, mulheres, anciãos, pessoas com deficiência etc.

Este subtópico, vai tratar os diferenciais entre grupos que vivem em áreas mais distantes da centralidade, também conhecidos como periferias, estas acabam por arcar com a maior parte da poluição nos ambientes que trabalham e vivem. A desigualdade é uma grande referência nesse aspecto socioambiental, já que a má distribuição de renda, faz com que essas populações fiquem restritas a localidades mais desvalorizada e como consequência a moradia é um reflexo desses ambientes, algumas vezes casas de palafita<sup>2</sup>, em que se adaptam a margem de canais, sujeitas às cheias e vazantes dos rios.

Aquino *et al.* (2017), abordam a vulnerabilidade social relacionada a um resultado negativo da relação entre a disponibilidade dos recursos materiais ou simbólicos dos grupos ou indivíduos e o acesso à estrutura de oportunidades sociais, econômicas, culturais que provêm do Estado, do mercado e da sociedade. Os autores também consideram elementos relacionados aos grupos e indivíduos (atores) em situações de vulnerabilidade:

- Recursos materiais e simbólicos: a falta de alguns desses recursos ou acessos podem dificultar aos diversos atores se desenvolverem na cidade.
- Estruturas de oportunidades dadas pelo mercado, Estado e sociedade: são formas que proporcionam bem estar, podendo fazer o uso mais eficaz dos recursos, e isso pode variar de acordo com o tempo e território.

Com isso pode-se inferir de como os indivíduos (atores) mostram-se mais vulneráveis e suscetíveis a processos que podem gerar um desconforto social oriundo de um impacto ambiental, que por muitas vezes são acelerados pela instabilidade antrópica.

---

<sup>2</sup> Conjunto de estacas de madeira em que assentam as habitações lacustres.

Um dos principais motivos para essa grande consequência da vulnerabilidade social são as grandes migrações, ou seja, saída de um grupo de pessoas que se deslocam para um ambiente que apresente maior estabilidade e condições, na maioria das vezes são as cidades o principal objetivo, contudo, algumas cidades não possuem preparo para receber uma grande quantidade de imigrantes e estes acabam por ocupar locais improvisados e com pouca estrutura, todavia, o não acesso a estas melhores condições de vida gera a desigualdade social e pobreza (SILVA, 2007).

As famílias que vivem em condições precárias de saúde, habitação, educação, que não têm acesso à informação, oportunidades, saneamento básico e trabalho, estão sujeitas a riscos, são frágeis e conseqüentemente vulneráveis (AQUINO *et al.* 2017).

### *2.1.3 Vulnerabilidade socioambiental*

Segundo Cartier (2009), no conceito de vulnerabilidade socioambiental há uma simultaneidade ou sobreposição espacial entre grupos populacionais pobres, discriminados e com alta privação (vulnerabilidade social), que vivem em áreas de risco (vulnerabilidade ambiental). Os mesmos autores discorrem sobre o esclarecimento de certos problemas de ordem sócio-ambiental que são decorrentes do atual modelo de desenvolvimento econômico, pois os processos de deslocalização e desregulamentação, intensificam as relações entre grupos vulneráveis a áreas de risco ambiental. Geralmente a falta de opção de moradia frente aos riscos ambientais está relacionada com a capacidade financeira dos grupos sociais.

De acordo com Herculano (2002), a incorporação da temática da vulnerabilidade contribui para tornar visíveis as dificuldades adicionais que certas regiões, sociedades e populações têm em relação aos problemas ambientais.

Jacobi (2006), utiliza a expressão 'riscos ambientais urbanos', relacionando a população especialmente de baixa renda aos riscos das enchentes, escorregamento das encostas, contaminação do solo e da água e entre outros fatores que deixam esses moradores expostos aos riscos.

## 2.2 O que é um risco?

Aquino et al. (2017), aponta que a análise de risco é um processo de avaliação das probabilidades de ocorrência de eventos e impactos. Os mesmos autores indicam alguns elementos são essenciais, independente da ordem com que ocorrem: identificar o agente causador do risco; quantificar a intensidade do perigo e relacionar os efeitos; analisar o tipo de risco e a população exposta além do tempo de exposição e por fim caracterizar o risco.

A Defesa Civil (1998), conceitua riscos como a relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinado se concretize e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos. A relação entre risco e perigo foi analisada para cada tipo de evento, segundo Brüseke (1996, p. 9):

Não existe nenhum risco sem a valorização positiva de algo, não existe nenhum risco sem algo que alguém pode perder. O risco é um acontecimento futuro, um momento esperado ou temido no qual essa perda acontece. Esse momento separa duas situações radicalmente distintas. Na primeira ainda não aconteceu a perda e domina a expectativa da mesma, na segunda realizou-se a perda ou já passou o perigo. [...] Ora o perigo tem algo claramente ameaçador o que o risco nem sempre possui. [...] Um perigo realizado é um desastre, desastre que termina o percurso perigoso.

Dagnino e Carpi Junior (2007), apontam 4 tipos de nomenclaturas para 'risco', sendo eles: suscetibilidade, vulnerabilidade, sensibilidade ou danos potenciais, assim é um evento com uma grande probabilidade que pode ocorrer a idéia de que algo pode vir a ocorrer, já então configura um risco.

Segundo Amaro (2005), o risco é, pois, função da natureza do perigo, acessibilidade ou via de contacto (potencial de exposição), características da população exposta (receptores), probabilidade de ocorrência e magnitude das consequências.

## 2.3 Classificação de riscos:

### 2.3.1 Riscos ambientais

A avaliação de risco ambiental é útil para as entidades, quando da tomada de decisão, porque permite a hierarquização dos riscos ambientais existentes e a identificação de medidas de minimização do risco (LOHANI *et al.*, 1997).

Buainain e Garcia (2016), afirmam que o convívio com os riscos ambientais são eminentes, porém a sua exacerbação é devido à ação negativa do homem, o que, de certa forma, o descola da dinâmica dos eventos que no passado eram fundamentalmente determinados por fatores naturais.

A expressão mais clara do risco ambiental aparece nos chamados “desastres naturais”, cuja ocorrência, escala e gravidade têm aumentado no período mais recente, sendo assim, o risco ambiental representa efeitos da dinâmica ambiental que podem ou não ser resultado da ação antrópica sobre as condições necessárias para a sustentação e sobre a dinâmica socioeconômica (BUAINAIN E GARCIA, 2016).

Lima e Silva *et al.* (1999, p. 243), consideram o risco ambiental associado a acidentes, isto é, a eventos inesperados que ocorrem no ambiente.

### *2.3.2 Riscos naturais:*

Para Dagnino e Carpi Junior (2007), o risco natural não está associado ou relacionado à ação humana. Rebelo (2003), classifica os tipos de riscos naturais em: riscos naturais e magmáticos; riscos climáticos; riscos geomorfológicos, quanto a este último tipo de risco, associado a erosões como voçorocamento, movimento de massa, além das erosões eólicas e glaciais acelerando os riscos hidrológicos.

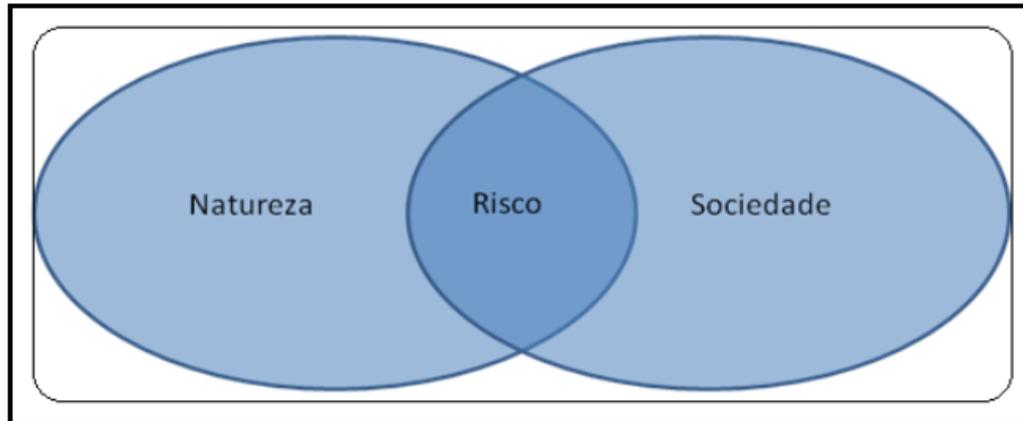
Rebelo (2010), aponta que se os riscos podem ser de todas a ordem, aqueles que se relacionam diretamente ou indiretamente com a natureza são chamados riscos naturais.

### *2.3.3 Riscos Sociais:*

Souza *et al.* (2018), abordam sobre o estudo da sociedade e do risco na qual teve um enorme impacto social na sua fase inicial, embora, posteriormente fosse também alvo de diversas críticas à sua concepção teórica. As mesmas autoras,

afirmam que os riscos estão intrinsecamente ligados aos contextos sociais, sendo necessário entender as atividades dos indivíduos, grupos e sociedades. Cunha *et al.* (2019), descrevem em seu estudo que o risco social é um tipo de impacto negativo sentidos por indivíduos ou grupos. O risco não é uma auto-evidência, mas sim, uma construção social, embora possa ir para além dela (AREOSA, 2008).

O risco constitui um produto da interface entre natureza e sociedade (figura 03), constituindo assim, tema indispensável ao geógrafo (VEYRET, 2007).



**Figura 03:** Risco como interface da natureza e da sociedade. Fonte: Cassiano, 2013.

Nota-se que o risco fica atrelado entre a natureza e a sociedade, quando unidos de maneira não planejada. Assim sendo uma intercessão, entre estas variáveis.

## 2.4 Bacias Hidrográficas:

Segundo Jorge e Guerra (2020), há inúmeras maneiras de definições para o conceito de bacia hidrográfica, pois varia de acordo com diversos autores e suas propostas de estudo.

Entende-se por bacia hidrográfica ou de drenagem a área territorial abrangida por um sistema fluvial hierarquizado, o qual está delimitado por divisores de água, cujas águas contribuem para compor um canal principal, seus afluentes e subafluentes (FORTES, 2010; FIGUEIRÊDO *et al.* 2010).

A bacia hidrográfica é a unidade fundamental da paisagem, onde os elementos físicos e sociais se interpretam para organizar o espaço geográfico (MENDONÇA, 1993).

De acordo com Guerra e Guerra (2018), “é um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes” e cuja formação se dá através dos desníveis dos terrenos que direcionam os cursos da água, das áreas mais elevadas para as mais planas. Bacia hidrográfica é, portanto, uma área definida topograficamente, drenada por um curso d’água ou por um sistema conectado de cursos d’água, de forma tal qual que toda a vazão efluente seja descarregada por uma única saída (Petersen *et al.*, 2014).

#### 2.4.1 Bacia Hidrográfica do Mindu

A Bacia Hidrográfica do Mindu é uma bacia urbana de Manaus. Lemos e Costa (2017), descrevem esta bacia com baixa declividade, e concentra aproximadamente 37% da população manauara e é a mais representativa em extensão.

A respeito do zoneamento da microbacia hidrográfica do igarapé do Mindu, foi estabelecido a divisão a partir dos seus níveis topográficos sendo “Alto”, “Médio” e “Baixo”. Esses perfis topográficos já apresentam em si a classificação social da bacia, devido sua forma heterogênea de ocupação populacional.

#### 2.4.2 Alto Mindu

No que se refere ao aspecto natural do alto curso do Mindu, Cassiano (2013) descreve:

No alto curso da bacia hidrográfica do Igarapé do Mindu encontram-se as maiores altitudes do sítio urbano da cidade, atingindo cotas topográficas entre 60 e 100m. A predominância de colinosidade no terreno é um traço marcante na paisagem. Há presença de um conjunto de vales, onde tanto os topos quanto os fundos encontram-se ocupados por vias de circulação, muitas das quais terminam no segmento da margem de um vale<sup>3</sup> ou de um platô<sup>4</sup> (CASSIANO, 2013, p. 36).

---

<sup>3</sup> Caracteriza-se por uma depressão alongada (perfil longitudinal), que se constitui por um ou mais talvegues e duas vertentes com sistemas de declive convergente, sendo denominada, igualmente, de planície à beira do rio ou várzea (CUNHA e GUERRA, 2000).

<sup>4</sup> Diz-se do mesmo que planalto. Extensão de terrenos mais ou menos planos, situados em altitudes variáveis. Em geomorfologia usa-se, às vezes, este termo como sinônimo de superfície pouco acidentada, para designar grandes massas de relevo arrasadas pela erosão (GUERRA e GUERRA, 1997).

A nascente como um todo não possui padrão de drenagem, porém os seus canais como corpos d'água são do tipo meandrosos, classificados por Cleto Filho e Walker (2001) como pouco profundos (média <0,5m), estreitos (média < 1m) com leitos arenosos e substratos aquáticos diversificados.

## **2.5 Enchentes e Inundações**

O crescimento da população urbana vem trazendo inúmeras consequências que refletem em várias esferas, tendo em vista, que esse crescimento afeta principalmente a área ambiental, pois para comportar mais pessoas em um determinado espaço é necessário a retirada de maior parte da vegetação primária, para que se possa construir moradias, praças e avenidas. Tucci (2007), faz uma importante análise do crescimento da população nas regiões metropolitanas que fica desproporcional com a falta de investimentos e infra-estrutura, sendo que a taxa da população brasileira é de 80%, próxima à saturação,

Diante dessa grande mancha urbana, o meio físico é o que mais sente as alterações, principalmente os corpos hídricos que são mais afetados em meio a poluição e uma das consequências são as enchentes que podem ser ocasionadas pela urbanização ou inundação natural da zona ribeirinha que se encontram em planícies e terraços fluviais. Outro fator também parte da morfometria do canal, na qual as enchentes costumam ocorrer com maior frequência em áreas de baixo curso dos rios. (TUCCI, 2007; BOTELHO, 2004).

Botelho (2004), descreve a enchente como parte da dinâmica fluvial, as cheias são controladas pelo volume e distribuição das águas das chuvas, pelo tipo e densidade da cobertura vegetal, pelas diferenciações na cobertura pedológica, substrato geológico, característico do relevo como declividade e forma das encostas, e geometria do canal fluvial.

Pinheiro (2007), reforça a presença das enchentes em córregos, riachos, arroios e ribeirões, além de afirmar que não existe rio sem ocorrência de enchentes. Todos têm sua área natural de inundação e esse fenômeno não é, necessariamente, sinônimo de catástrofe.

Do ponto de vista urbano, quando o homem ultrapassa os limites das condições naturais do meio em que vive então as inundações passam a ser um

problema social e/ou ambiental (PINHEIRO, 2007), o sistema hidrológico nas áreas urbanizadas apresenta especificidades em relação às áreas não-urbanizadas (BOTELHO e SILVA, 2004), os fatores antrópicos assumem grande importância, principalmente, a ocupação intensa e resultando na inadequação do sistema de drenagem urbana (BOTELHO, 2004).

Quando a elevação do nível atinge a parte superior da seção, provocando o extravasamento da água, tem-se a inundação das áreas laterais ao canal principal, (fig. 04):



Figura 04: vazão: perfil esquemático do processo de enchente e inundação. (Fonte: Min. Cidades/IPT, 2007).

Do ponto de vista regional sobre as enchentes, segundo relatório da CPRM (2021), a Amazônia Ocidental é frequentemente atingida por eventos de inundação gradual, o Amazonas foi o estado que mais registrou o maior percentual de municípios atingidos atingidos por enchentes nos anos de 2013 a 2017.

O estabelecimento das cotas de referência, segundo a própria Companhia, requer informações locais que dependem tanto do comportamento dos rios, quanto da distribuição da população em relação aos corpos d'água e da capacidade de resposta dos municípios.

Existem locais em Manaus que há inúmeras ocorrências registradas pela SUBDEC (Subsecretaria Municipal de Defesa Civil) e outros lugares sem concentração de eventos, isso se deve na lógica de reprodução do espaço urbano e não somente de resposta técnica ou medidas estruturais visto que não é somente

um problema de engenharia é necessária a implantação da cultura de risco não somente na sociedade, mas também nos poderes públicos (COSTA e MACENA 2012; LEMOS e COSTA 2017).

## **2.6 Moradias irregulares**

Os tipos de moradias irregulares são associadas a estruturas improvisadas em áreas não planejadas e sem acompanhamento de profissionais licenciados para obras e nem consentimento da prefeitura. Sendo assim, as moradias irregulares podem levar a futuras consequências ambientais e sociais se não for feito acompanhamento necessário para prevenção de acidentes.

A irregularidade vem do fato de muitas famílias não terem opção de moradias nas áreas centrais da cidade, por conta da especulação imobiliária supervalorizando áreas e excluindo outras, com isso, a opção dos menos favorecidos de renda é procurar áreas marginais ao centro da cidade, sendo próximo a encostas, canais ou córregos, ou seja, em ambientes frágeis com pouco ou nenhum saneamento. Segundo Fernandes (2011), às habitações informais geram para seus residentes a insegurança da posse, a falta de serviços públicos, a discriminação por terceiros, perigos ambientais e para a saúde e desigualdades de direitos civis.

## **2.8 Área de Preservação Permanente - APP**

A Lei Federal nº 7.511 de 1968 do Novo Código Florestal ampliou a faixa de proteção ao longo dos cursos d'água com menos de 10m de largura, de 5m, para 30m (SAID, 2009). Farias (2003, p.4), detalha o conceito de área de preservação permanente conforme o Código Florestal:

São áreas proibidas as alterações antrópicas, ou seja, as interferências do homem sobre o meio ambiente, a exemplo de um desmatamento ou de uma construção. Qualquer modificação causada pelo homem nessas áreas, alterando ou suprimindo a cobertura vegetal, configura crime, já que os crimes contra as florestas e demais formas de vegetação estão tipificados nos arts. 38 à 53 da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998).

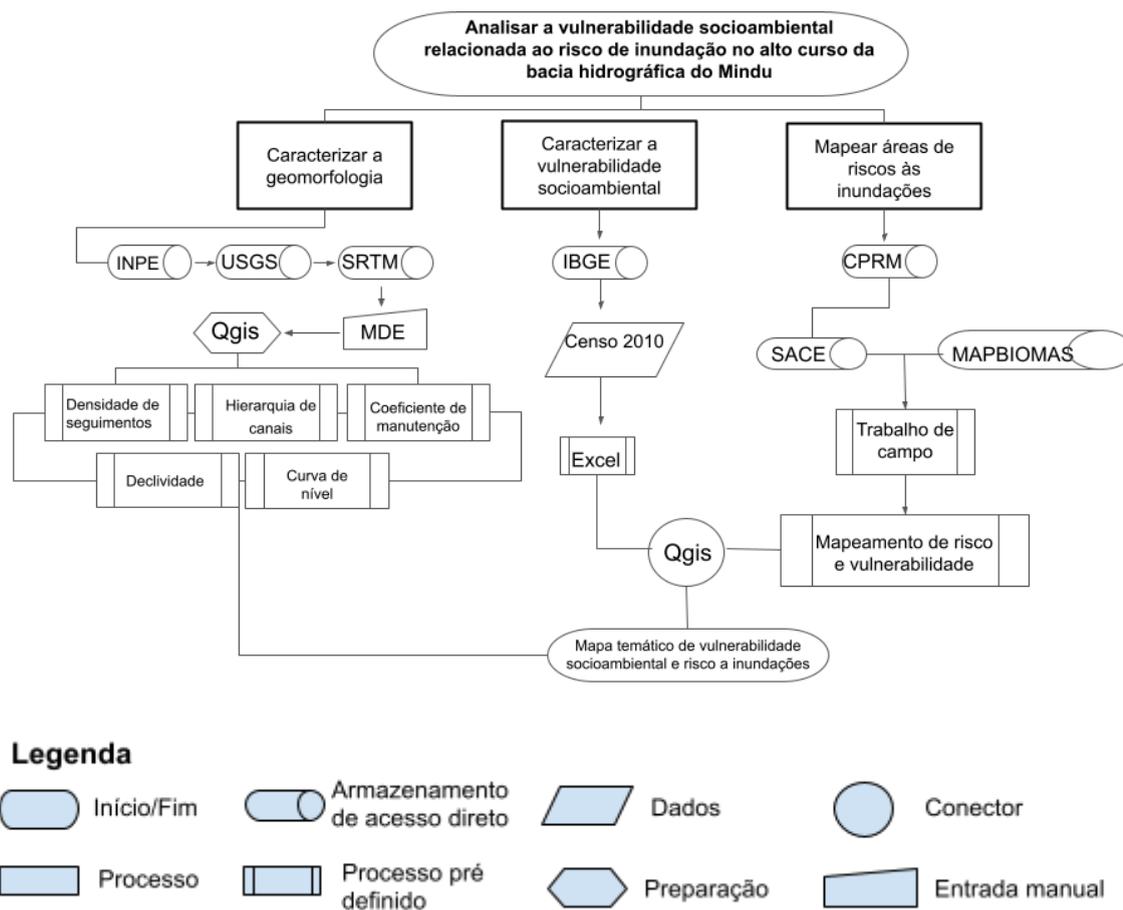
Conforme Said (2009), a o Código Ambiental do Município de Manaus (Lei 605, de 24/07/01), em seu artigo primeiro regula a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos e instituições públicas e privadas, assim garantindo a preservação, conservação, defesa, melhoria, recuperação e controle do meio ambiente ecologicamente equilibrado (BRIGEL, 1989).

Quanto a funcionalidade das APP 's, estas possuem um importante papel ambiental, pois retratam a paisagem de uma cidade ou do meio que está inserindo refletindo a sua forma de uso e manejo, se está sendo mantida e assegurada dentro das Leis Federais ou Municipais ou se sofrem descaso dos mesmos órgãos.

Outras legislações voltadas para o espaço urbano e meio ambiente também são importantes de serem ressaltadas, pois contribuem para melhor entendimento do espaço urbano, dentre elas citam-se: Lei do Parcelamento do Solo Urbano no Brasil (Lei nº 6.799/1979), determina diretrizes que devem ser seguidas com o intuito e bem estar no uso do solo urbano. O Estatuto da Cidade (Leis nº 11.977/2009 e nº 13.465/2017) regulam o uso da propriedade urbana em benefício do bem coletivo, da segurança e do bem estar dos cidadãos e ambiental.

### III - MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é do tipo quantitativo e tem como base o método sistêmico, que permite compreender o dinamismo e as interações da paisagem. Esse método é sustentado pela Teoria Geral dos Sistemas, firmado por Sothava (1977) e Bertrand (1972). O fluxograma seguinte, figura (05) demonstra os processos seguidos no decorrer da pesquisa para alcançar os objetivos específicos:



**Figura 05:** Fluxograma de processo metodológico. Org.: Gabriele F. Santana (2023).

Para dar suporte à pesquisa, o uso do geoprocessamento foi primordial com os dados primários, a união dessas ferramentas permite a otimização de produção de materiais cartográficos e mapas temáticos.

A pesquisa visou trabalhar com sites de suporte técnico no que se refere a dados socioeconômicos (domicílio, escolaridade, alfabetização, pessoas por moradias, esgotamento sanitário e renda) e manchas de inundação, disponibilizadas, respectivamente, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE) e pela plataforma SACE desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para tratamento de imagens do tipo Modelo Digital de Elevação - MDE. Estes órgãos disponibilizam gratuitamente, por meio de plataforma de dados, o acesso às informações coletadas para análise em diversos formatos, entre eles Excel - xls e *shapefile* - shp, trabalhados por meio de programas de Sistema de Informações Cartográficas (SIGs).

### **3.1. Caracterização da Geomorfologia da área de estudo.**

A realização de mapas com informações geomorfológicas foram elaborados por meio de um Modelo Digital de Elevação (MDE), disponibilizados pelo INPE, mas de domínio da *United States Geological Survey* (USGS). O material foi processado no software Quantum Gis, na versão 3.26, pois esta ferramenta disponibiliza serviços gratuitos para a produção e análise de mapas.

### **3.2 Modelo Digital de Elevação (MDE)**

As informações foram extraídas do projeto Missão Topográfica Radar Shuttle (do inglês, *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM), realizado pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), disponibilizado no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens foram obtidas através da técnica de interferometria, onde duas imagens obtidas de pontos de vista diferentes permitem a determinação da altitude da superfície. As imagens SRTM podem ser usadas para gerar curvas de nível, mapas hipsométricos, declividade, entre outros. O projeto Topodata oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional, elaborados a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS.

*United States Geological Survey* - USGS, é o serviço geológico dos Estados Unidos, disponível na página ([www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)). Com as imagens coletadas, é possível iniciar as extrações de dados pertinentes à área de estudo, pois o banco de imagens da USGS possui cobertura global, com resolução de 30 metros.

Quanto aos perfis topográficos transversais, foram traçados em três pontos da bacia: alto, médio e baixo curso, traçando o perfil longitudinal do canal principal por meio da plataforma 'Google Earth', na qual a delimitação é feita através de imagens de satélite Landsat 8 (USGS/NASA) disponibilizado por meio de SIG. O

Landsat 8 carrega dois instrumentos: O Terreno Operacional Imager (OLI) e Sensor Infravermelho Térmico (TIRS), o primeiro possui um telescópio de quatro espelhos coleta dados de forma visível próximo ao infravermelho e ondas curtas de comprimento de onda infravermelho, bem como uma banda pancromático, já o segundo coleta dados em duas bandas infravermelhas térmicas de comprimento de onda longa (ACHARYA, YANG, 2015).

### 3.3 Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu

Para análise morfométrica da bacia hidrográfica, utilizou-se os modelos correspondente na obra “Geomorfologia” por Christofletti (1980), sendo analisados parâmetros como: Área da bacia (A); Comprimento da bacia (L); Forma da Bacia (Ic); Densidade de rios (Dr); Densidade de Drenagem (Dd); Densidade de segmento da bacia (Fs); Coeficiente de manutenção (Cm), Extensão do Percurso Superficial (Eps)

as fórmulas estão representados abaixo:

#### a) Forma da bacia (Ic)

De acordo com V.C. Miller (1953), propôs o índice de circularidade, em que corresponde a área da bacia e a área do círculo do mesmo perímetro:

$$Ic = \frac{A}{Ac}$$

Onde:

Ic= índice de circularidade;

A= área da bacia considerada;

Ac= área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada;

#### b) Densidade de rios (Dr)

É a relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Índice definido por R.E. Horton (1945), sendo definido como:

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Onde:

Dr= densidade de rios ;

N= número total de rios ou cursos de água;

A= área da bacia considerada;

**c) Densidade de drenagem (Dd)**

Correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. A densidade foi inicialmente definida por R.E. Horton (1945) como:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Dd= densidade de drenagem;

Lt= comprimento total dos canais;

A= área da bacia;

**d) Densidade de segmentos da bacia (Fs)**

Considera-se a o sistema de ordenação de Strahler e somar a quantidade de segmentos de todas as ordens da bacia, para calcular utiliza-se a seguinte fórmula:

$$Fs = \frac{\sum ni}{A}$$

Onde:

ni= número de segmentos de determinada ordem: i = 1.<sup>a</sup>; 2.<sup>a</sup>; 3.<sup>a</sup>... enésima ordem;

A= área da bacia;

**e) Coeficiente de manutenção**

Proposto por Schumm (1956), aponta o índice com finalidade de fornecer a área mínima necessária para manutenção de um metro de canal de escoamento, podendo ser calculado na seguinte expressão, a fim de que seja significativa na escala métrica:

$$Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$$

Onde:

Cm= coeficiente de manutenção;

Dd= é o valor da densidade de drenagem em metros.

**f) Extensão do Percurso Superficial (Eps)**

Calculado por Christofolletti (1980), refere-se a extensão do percurso superficial (Eps) a qual é considerada como a distância média que um fluxo hídrico percorre até chegar ao leito do rio.

$$Eps = 1 / 2Dd$$

Onde:

Dd= densidade de drenagem.

### **3.4 Caracterização da vulnerabilidade socioambiental**

A realização do levantamento da vulnerabilidade social no alto curso da bacia foi realizado a partir da análise dos dados do censo demográfico de 2010 no site do IBGE, ressalta-se que esses dados estão sendo usados por conta de serem os dados mais completos. A maioria dos dados censitários utilizados nessa pesquisa estão desatualizados em virtude do período pandêmico, no qual não houve realização do censo 2020. Contudo, há uma pesquisa recente feita no ano de 2022, porém não está completa com a base de dados como a de 2010, sendo assim, mesmo com valores antigos em relação ao Censo, ainda mostra maior disposição dos dados, além de ser possível estimar uma média dos dados mais concisos e completos. A pesquisa tratou os dados divididos por setores censitários da área de estudo. Destaca-se setor censitário como a unidade territorial estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento (ANA, 2011).

#### **3.4.1 Indicadores de Vulnerabilidades**

Segundo Pine (2008) *apud* Goerl *et al.* (2012), o estudo da variação dos indicadores ao longo do tempo auxilia a entender como as ações e decisões da comunidade modificam a condição de vulnerabilidade, pois se pode observar se a vulnerabilidade está aumentando, declinando ou permanecendo estática. Os critérios de seleção para as variáveis, foi baseado na metodologia de Goerl *et al.*(2012), que consiste em:

O tratamento dos dados dos setores censitários, no caso da vulnerabilidade socioambiental, é dividido em duas etapas: a primeira consiste na extração de dados socioeconômicos que nos permite analisar o perfil da população que reside na área de estudo. Dentre as variáveis pertinentes à população, foi extraído: taxa de

analfabetismo, renda média mensal, saneamento básico e a faixa etária, vale ressaltar que esses dados foram do IBGE 2010, dados da população que estão atrasados. O quadro (01) mostra como as variáveis censitárias são usadas para mensurar as variáveis de vulnerabilidade:

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	População
% da população acima de 65 anos % da população abaixo de 12 anos	Idade
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	Educação
% de responsáveis com rendimento de 1 até 2 Salários Mínimo	Renda
% Saneamento básico	Esgoto

**Quadro 01:** Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade.

Fonte: adaptado de Goerl *et al.* (2012). Adaptado: Santana, G.F (2022).

As variáveis selecionadas conforme Goerl *et al.* (2012) para pesquisa segue a proposta de vulnerabilidade mais presente na área de estudo, sendo elas:

- **Pessoa alfabetizada:** aquela que aprendeu a ler e escrever, mas esqueceu e a que apenas assina o próprio nome é considerada analfabeta.
- **Rendimento:** a soma do rendimento nominal mensal de trabalho com o proveniente de outras fontes.
- **Faixa etária:** 12 anos porque o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) considera as pessoas abaixo dessa idade como crianças, sendo totalmente dependentes, perante a lei e sociedade, de seus pais ou responsáveis. Quanto aos idosos consideraram-se 65 anos, pois segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a partir dessa idade as pessoas são consideradas idosas.

Em relação à população e ao saneamento básico, essas variáveis foram inseridas para se ter uma amostra do total de pessoas que residem no alto curso e de como é realizado o saneamento básico na mesma área. Enfatiza-se que o

saneamento básico divide-se em esgotamento via rede geral de esgoto, rede geral de distribuição de água e lixo despejado em rio, lago ou mar.

### *3.4.2 Identificando os dados*

A malha de setores por município, extraída do IBGE, é dividida em zona rural e urbana. Para esta pesquisa, foi analisada a zona urbana de Manaus, especificamente os bairros das Zonas Leste e Norte, sendo: Jorge Teixeira, Cidade de Deus, Tancredo Neves, Gilberto Mestrinho, São José Operário e Novo Aleixo. Em seguida, foi necessário decodificar os geocódigos disponibilizados através de um documento base, denominado 'Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultado do Universo por setor censitário' as informações extraídas são acompanhadas de tabelas em formato Excel (x/s.) disponibilizado no próprio site do IBGE. Esses geocódigos correspondem a códigos que: identificam as Unidades da Federação, mesorregiões, microrregiões, municípios, distritos, subdistritos e setores censitários, uma localização ou objeto, e também indicam os dados censitários, como os códigos que representam os dados absolutos de rendimento médio mensal.

Ressalta-se que esses microdados censitários estão em formato absoluto, ou seja, os dados apresentam características gerais. Para a realização da análise socioeconômica da população e de saneamento básico dos domicílios, será necessário transformar os dados absolutos em relativos, para melhor compreensão e disposição das informações em ilustrações gráficas, como mapas e gráficos. A transformação dos dados absolutos em relativos é realizada pelo Excel.

Para os dados domiciliares, é importante ter em mãos a seguinte informação: quantidade total de domicílios em cada setor censitário. A partir dos dados do total de domicílios foi possível realizar o levantamento estrutural dos domicílios, para que enfim seja possível realizar a análise do saneamento básico. O IBGE determina que para cada setor censitário, em ambiente urbano, precisa haver um total de 250 a 300 domicílios, e nos aglomerados subnormais, o total diminuiu para 52.

Frisa-se que o IBGE também define o que são os domicílios e os agrupa de quatro formas distintas: domicílio particular permanente; domicílio particular permanente ocupado; domicílio particular permanente fechado; domicílio particular

improvisado ocupado; domicílio coletivo. Nesta pesquisa, foram analisados apenas os dados dispostos em domicílios particulares permanentes, sendo os domicílios próprios, construídos ou adquiridos pelos moradores para morar e viver naquele espaço. A intenção foi de conhecer o perfil econômico das famílias no alto curso da bacia e como se distribuem.

A segunda etapa foi a análise domiciliar, ou seja, um levantamento pertinente a algo específico da estrutura dos domicílios, o esgotamento sanitário. Segundo o órgão, a Malha Municipal retrata a situação vigente da Divisão Política Administrativa (DPA), através da representação vetorial das linhas definidoras das divisas estaduais e limites municipais, utilizada na coleta dos Censos Demográficos.

Para fazer um levantamento do perfil ambiental da área de estudo, é importante realizar uma análise sanitária, e por ser uma área urbana, essa análise consiste na verificação da situação do saneamento básico na bacia hidrográfica. O IBGE dispõe de informações específicas sobre os domicílios, como o esgotamento sanitário, que se divide em cinco tipos: domicílio conectado à rede geral de esgoto e pluvial; domicílio com esgotamento sanitário via fossa séptica; domicílios com esgotamento sanitário via fossa rudimentar; domicílios com esgotamento sanitário via vala; domicílios com esgotamento sanitário via rio, lago ou mar.

Com intuito de reunir os dados dos setores censitários, após a tabulação é realizada de forma que se possa extrair a porcentagem, dessa forma segue as seguintes etapas:

#### 3.4.2.1 Identificação no arquivo

1º A aquisição dos dados é obtida pelo site: ([censo2010.ibge.gov.br/resultados.html](http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html))

2º Clicar em “publicação” de Resultados Preliminares do Universo - 02/06/11.

- Será redimensionado para o site do Censo Demográfico.

3º No canto esquerdo, encontra-se “Censo 2010”, e nas alternativas, selecione “Agregados por Setores Censitários”.

4º Uma nova aba será aberta, e nela terão os dados demográficos de cada estado, e selecione o Amazonas e será feito o download de todas as planilhas.

Após a definição no arquivo em PDF — Base de informações do Censo Demográfico 2010: resultado do Universo por setor censitário — das variáveis que serão trabalhadas, inicia-se a tabulação, ressalta-se que o PDF reúne as amostras

dos valores servindo de indicador, a (figura 06) mostra como os geocódigos e variáveis estão organizadas.

**6.7 Arquivo Alfabetização, homens e mulheres (planilha Pessoa02\_UF.xls ou Pessoa02\_UF.csv)** ←

Nome da variável	Descrição da variável
Cod_setor	Código do setor censitário
Situacao	Código de situação do setor censitário (ver planilha Basico_UF.xls)
V001	Homens alfabetizados com 5 ou mais anos de idade
V002	Homens alfabetizados com 5 anos de idade
V003	Homens alfabetizados com 6 anos de idade
V004	Homens alfabetizados com 7 anos de idade
V005	Homens alfabetizados com 8 anos de idade
V006	Homens alfabetizados com 9 anos de idade
V007	Homens alfabetizados com 10 anos de idade
V008	Homens alfabetizados com 11 anos de idade
V009	Homens alfabetizados com 12 anos de idade
V010	Homens alfabetizados com 13 anos de idade
V011	Homens alfabetizados com 14 anos de idade
V012	Homens alfabetizados com 15 anos de idade
V013	Homens alfabetizados com 16 anos de idade
V014	Homens alfabetizados com 17 anos de idade
V015	Homens alfabetizados com 18 anos de idade
V016	Homens alfabetizados com 19 anos de idade
V017	Homens alfabetizados com 20 anos de idade
V018	Homens alfabetizados com 21 anos de idade
V019	Homens alfabetizados com 22 anos de idade
V020	Homens alfabetizados com 23 anos de idade
V021	Homens alfabetizados com 24 anos de idade
V022	Homens alfabetizados com 25 anos de idade

**Figura 06:** organização de tabela de variáveis, IBGE. Fonte: Base de informações do Censo Demográfico 2010 (IBGE). Org.: Gabriele F. Santana (2023).

#### 3.4.2.2 2º Tabulação de dados

É importante identificar no PDF qual o número que a variável vem acompanhada, por ser a partir desse número, que é realizado o reconhecimento nas planilhas em Excel, conforme destacado na figura (07):

**Figura 07:** planilha de geocódigos. Fonte: IBGE, 2010. Org.: Gabriele F. Santana (2023).

### 3.4.2.3 3º Porcentagem

A porcentagem é realizada a partir do valor total de habitantes 'V001' pela coluna da variável trabalhada (idade, renda, domicílio etnia, etc.) e assim aplica-se a fórmula de porcentagem, como mostra a figura (08):

V001	V046	
806	16	=A22/AY2*100

**Figura 08:** obtenção de porcentagem mediante fórmulas do Excel. Org.: Gabriele F. Santana (2023).

Após a realização das porcentagens no Excel, os arquivos são exportados e trabalhados em SIG, para leitura e realização dos mapas temáticos no Q. Gis.

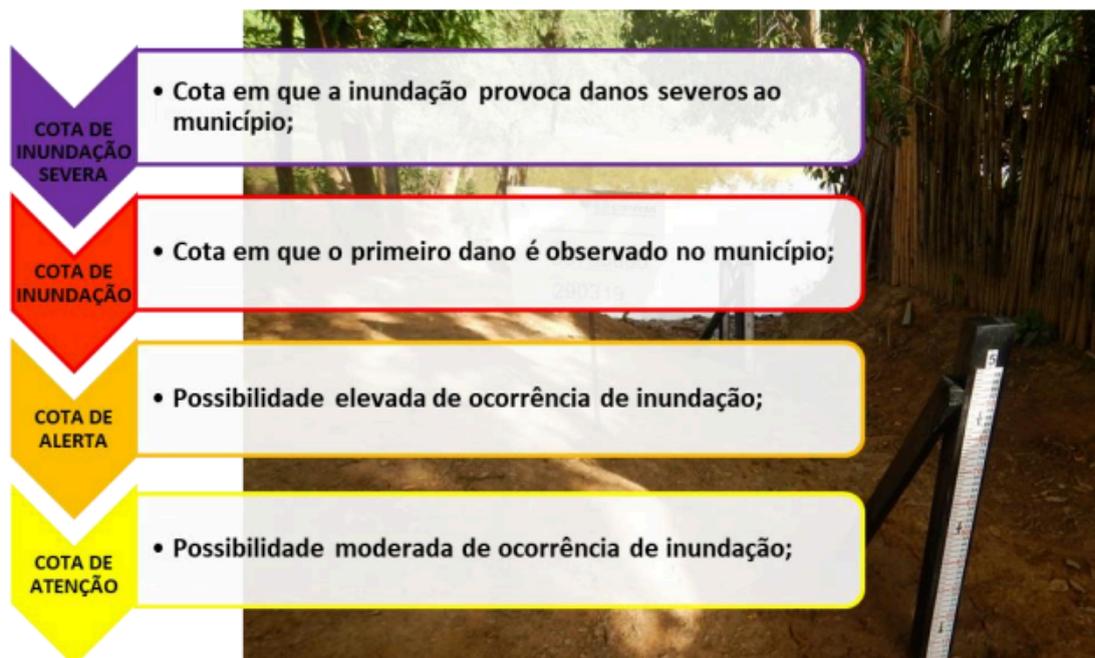
## 3.5. Mapeamento das áreas de risco a inundações.

### 3.5.1 SACE - Sistema de Alerta de Eventos Críticos

A realização do mapeamento das áreas de risco de inundação, contou com os dados de acompanhamento publicados semanalmente, através do Boletim Hidrometeorológico, encontrado na plataforma: SACE. Essa plataforma foi desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), disponibilizado na página:

([www.cprm.gov.br/sace/](http://www.cprm.gov.br/sace/)), com intuito de reunir dados do contexto Sistema de Alerta Hidrológico (SAHs), o monitoramento é realizado visando os níveis de rios, no qual gera informações hidrológicas para contribuir na mitigação dos impactos de eventos extremos para tomada de decisão por parte da população e órgãos competentes. O auxílio dessa ferramenta é obter informações sobre o monitoramento das inundações, e na praticidade de trabalhar os arquivos fornecidos em ambiente SIG.

As informações fornecidas pela SACE, são obtidas mediante transmissores via satélite ou GSM instalados nas estações de monitoramento automáticas. Esses dados são provenientes das estações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), de responsabilidade da Agência Nacional das Águas (ANA), e operada pela CPRM.” (CPRM, 2022). A plataforma trabalha com ‘Cotas de Referência’ associadas às inundações graduais seguem as seguintes definições conforme a figura (09):



**Figura 09:** Definição de Cotas de Referência adotadas pelos Sistemas de Alerta Hidrológico. Fonte: CPRM, 2021.

A Cota de Alerta (m) é de 27 m em Manaus, segundo o relatório de estabelecimento de cotas dos municípios do Amazonas da CPRM de 2021. A cota de inundação é de 27,50 metros e de inundação severa 29,9 m.

Para validação dos dados obtidos pela plataforma SACE a respeito do mapa de risco, foram realizadas visitas *in loco*, servindo de suporte para verificação dos dados para caracterizar os pontos mapeados em ambiente SIG, assim como os principais pontos de ocorrência de inundações e principais consequências para os

moradores. Os resultados desse objetivo, serão representados na forma de mapa de inundação, quadros e gráficos representativos.

Realizando download no SACE

A plataforma Sistemas de Alerta Hidrológico (SAHs), está disponível online, logo através de qualquer navegador é possível realizar a busca e seguir os passos:

Navegador > SACE CPRM > Bacias monitoradas > Bacia do Rio Amazonas > Manaus > download aqui.

Após o processo o download é realizado automaticamente e a pasta sig\_manaus\_am\_risco, é salva na pasta de download, após descompactar é possível os formatos disponibilizados pela plataforma, sendo o SHP o formato para ambientes SIGs.

### 3.5.2 Risco de Inundação

De acordo com Trentin e Dias (2013), para se estabelecer o risco de inundação de um determinado lugar, o cruzamento da vulnerabilidade urbana com o perigo encontrado na área, uma equação é fundamental, para se determinar o grau de cada risco:

$$R = V \times P$$

Onde:

R= risco de inundação;

V= vulnerabilidade à inundação;

P= perigo de inundação;

As classificações de perigo a inundação quadro (02), vulnerabilidade quadro (03) e risco à inundação quadro (04) variam entre as classes: alta, média e baixa, correspondendo ao produto da fórmula de risco de inundação, é a partir dessas classes que o grau de um risco é determinado, os quadros abaixo mostram essas classificações:

## Perigo à inundação

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<b>Alta</b>	Áreas urbanas na planície de inundação, com alta probabilidade temporal e espacial de serem atingidas por inundações, com proximidade menor que 15 metros do curso de água.
<b>Baixa</b>	Áreas urbanas na planície de inundação, com média a baixa probabilidade temporal de serem atingidas por inundações, com distância do curso de água superior a 15 metros.

**Quadro 02:** classificação das classes de perigo. Fonte: Adaptado de Silveira, V.S. (2012).

## Vulnerabilidade a inundação

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<b>Alta</b>	Áreas urbanas com baixo e muito baixo padrão de moradias, adensamento relativamente alto, baixo capacidade de ações contra inundações.
<b>Baixa</b>	Áreas urbanas com médio padrão de moradias, que apresentam número reduzido de moradias atingidas pelas inundações.

**Quadro 03:** Classificação das classes de vulnerabilidade. Fonte: Adaptado de Silveira, V.S. (2012).

## Risco a inundação

<b>Classe</b>	<b>Descrição</b>
<b>Alta</b>	Áreas urbanas com alta probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas altas consequências de danos e prejuízos.
<b>Média</b>	Áreas urbanas com média probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas médias ou baixas consequências de danos e prejuízos.
<b>Baixa</b>	Áreas urbanas com baixa probabilidade de ocorrência de inundações, onde são esperadas baixas consequências de danos e prejuízos.

**Quadro 04:** Classificação das classes de risco. Fonte: Adaptado de Silveira, V.S. (2012).

### 3.5.3 MAPBIOMAS

O segundo momento neste objetivo será de análise sobre o uso e ocupação do solo. Uma das principais causas das inundações é proveniente das ocupações irregulares próximas aos canais fluviais, obstruindo o fluxo da água pelo despejo incorreto de resíduos sólidos e entre outras causas. Para alcançar esse objetivo específico, realizou-se uma sistematização do uso e ocupação do solo em série histórica, faz-se uso dos dados do Projeto Mapbiomas Coleção 6 (<https://brasil.mapbiomas.org>), com o intervalo temporal de 1985 ao ano de 2020 (MAPBIOMAS, 2022). O banco de dados do Mapbiomas dará suporte a pesquisa no sentido do melhor entendimento acerca da ocupação humana, do desflorestamento, bem como das temporalidades e frentes de expansão dessas dinâmicas na área de estudo. O processo de uso e ocupação do solo será espacializado e representado via material cartográfico original e quantificado, sendo expresso por classes: floresta, formação natural não florestal, área não vegetada, corpos d'água e moradias.

## IV - RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização da Geomorfologia do alto curso da Bacia do Mindu

#### 4.1.1 Hipsometria

A altimetria da BHM é estimada entre 21 m e 128 m, sendo o primeiro relativo às áreas mais baixas próximas aos canais que vão desde o contato entre o alto e médio curso e se estende até a foz da bacia. Já o segundo corresponde às áreas mais altas com predomínio na nascente e interflúvios. O padrão de drenagem da BHM corresponde ao tipo dendrítico, também designado como arborescente (SUGUIO e BIGARELLA, 1990).

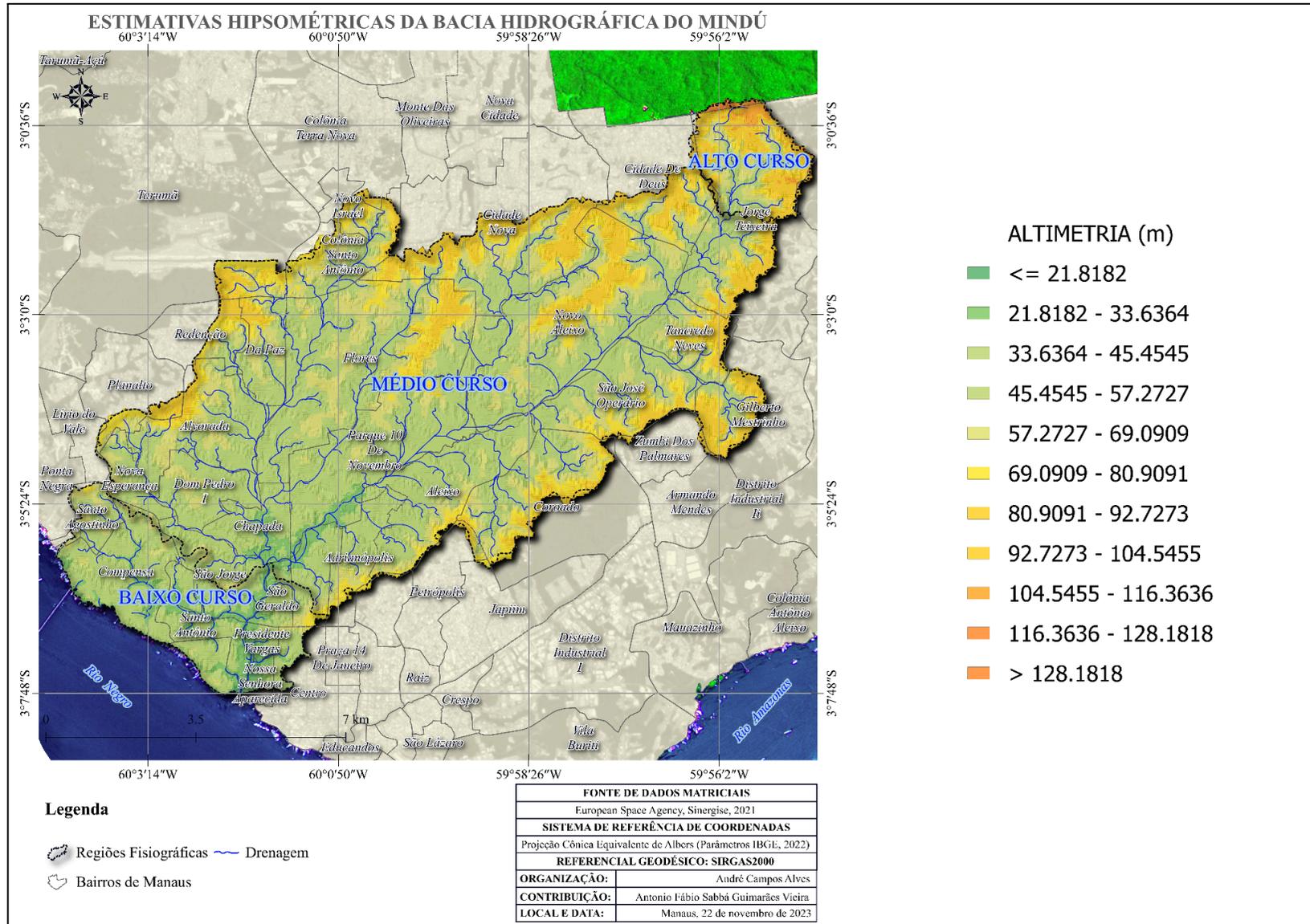
##### 4.1.1.1 Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem (Dd) da BHM é de 1,872 Km/Km<sup>2</sup>, que de acordo com Christofolletti (1969) corresponde a baixa densidade com valor < 7,5 o que indica baixa disponibilidade de canais para o escoamento linear das águas e materiais detríticos. (SIQUEIRA, 2001 apud BARBOSA e FURRIER, 2011 e FROTA FILHO, 2016). O quadro 05, mostra os valores de referência de média para baixa, média e alta densidade.

Classe de Densidade de Drenagem (Dd)	Razão da Densidade Média (Km/Km <sup>2</sup> )
Baixa Densidade	<7,5
Média Densidade	7,5 a 10
Alta Densidade	>10

**Quadro 05:** Classes interpretativas para os valores de Densidade de Drenagem (Dd). Fonte: Christofolletti (1969).

Destaca-se que a densidade de drenagem é comumente atribuída a diferenças de precipitação ou relevo, assim estes e outros fatores são a capacidade de infiltração do solo ou terreno e a resistividade inicial do terreno à erosão (HORTON, 1945). O mapa seguinte (mapa 01) de estimativas hipsométricas mostra a estimativa de altura da BHM, de acordo com a figura, as áreas mais altas que variam entre 80 m e 120 m, estão concentradas nas áreas do alto curso e interflúvios, nos sentidos leste e oeste, e as áreas mais baixas compreendem a maior parte da bacia, sendo no médio e em grande parte no baixo curso.



**Mapa 01:** estimativa hipsométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu.

#### 4.1.1.2 Densidade hidrográfica

O resultado da densidade hidrográfica (Dh) da BHM é de 3,86 Km/Km<sup>2</sup>, e que segundo Vieira (2008), faz parte do conjunto de bacias que têm os menores valores de Dh em Manaus, tal como, as bacias com os valores de Dh variam entre 1,32 a 11,45 Km/Km<sup>2</sup>. Conforme Macuzzo et al. (2012), uma bacia é considerada bem drenada quando tem 01 (um) canal por km<sup>2</sup>.

#### 4.1.1.3 Extensão do percurso superficial (EPS)

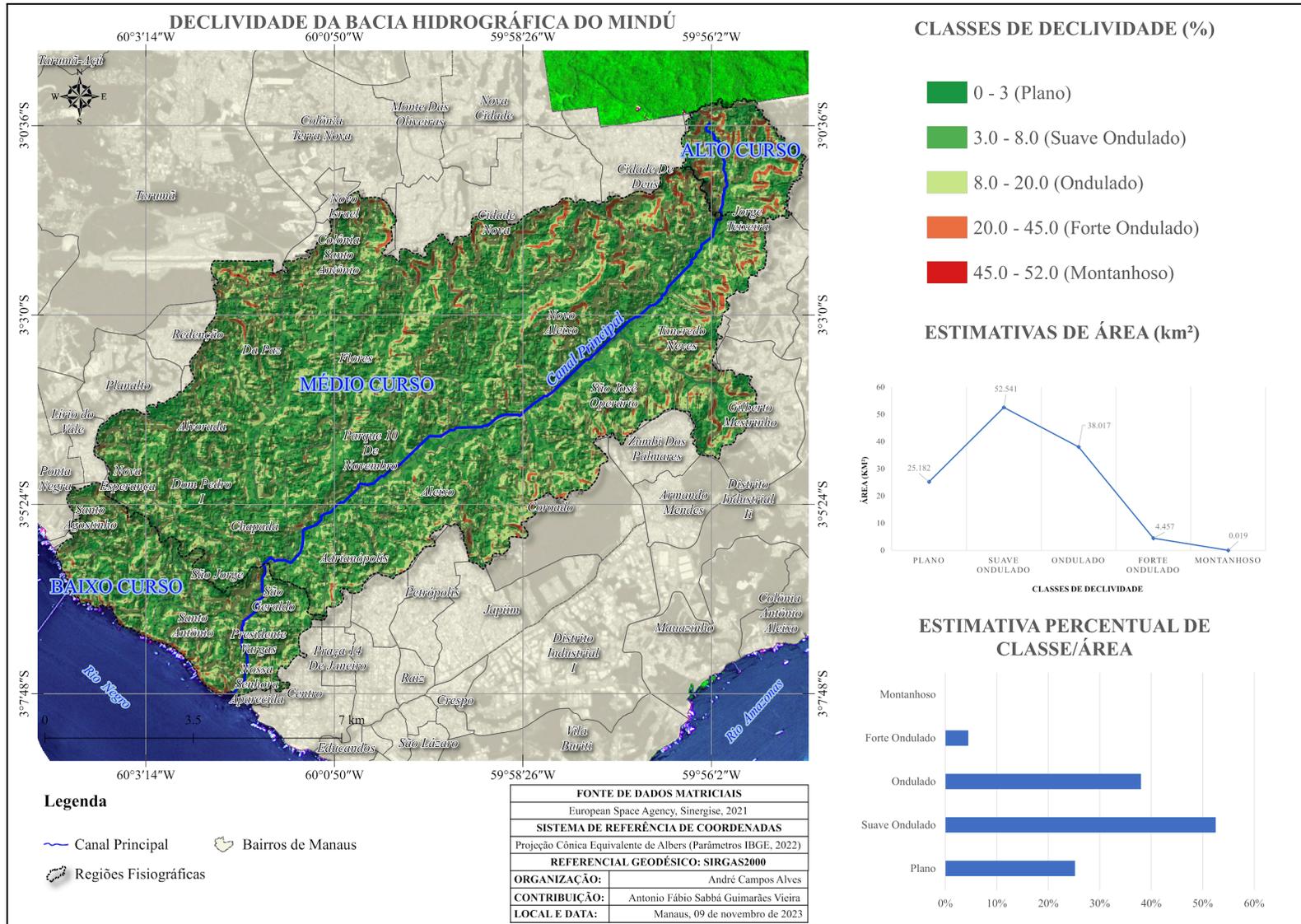
Representa a distância da enxurrada que vem do interflúvio até o canal principal, que afeta tanto o desenvolvimento hidrológico como o fisiográfico das bacias de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). O valor do EPS aferido para a BHM foi de 0,131 km, ou seja, a extensão média que a água percorre na encosta até o canal é de 261 m, classificado segundo Souza e Rodrigues (2012) como “mediana” o que significa que a bacia hidrográfica recebe um elevado escoamento superficial interferindo na dinâmica do canal principal (quadro 06).

Valores da EPS (M)	Qualificação
>1000	Baixa
1000 a 249	Mediana
248 a 142	Alta
<142	Muito alta

**Quadro 06:** Classificação dos valores da extensão do percurso superficial.  
Adaptado de Souza e Rodrigues (2012).

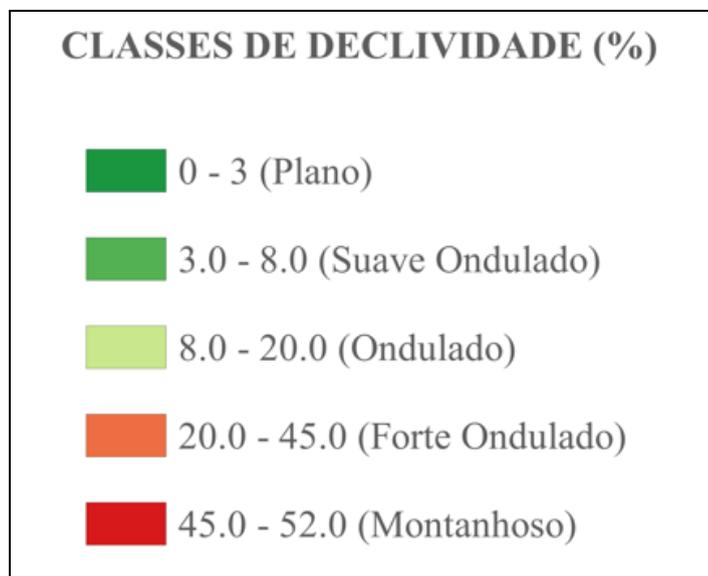
#### 4.2.1 Declividade

Para análise do relevo os mapas de declividade emergem como ferramenta de vital importância, uma vez que, constituem forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes graus de inclinação existentes em um terreno (COLAVITE e PASSOS, 2012). De acordo com o mapa 02, a BHM possui 5 classes de declividade.



**Mapa 02:** Mapa morfométrico da Bacia Hidrográfica do Mindu.

A classe de declividade, (fig.10), indica a distribuição das mesmas na BHM, sendo a classe suave ondulado predominante, abrangendo em torno de 52% e se estende desde o alto curso até a foz. As outras classes em ordem de predominância seguem: ondulado (8 - 20%), plano (0 - 3%), forte ondulado (20 - 45%) e o montanhoso<sup>5</sup> (45 - 52%).



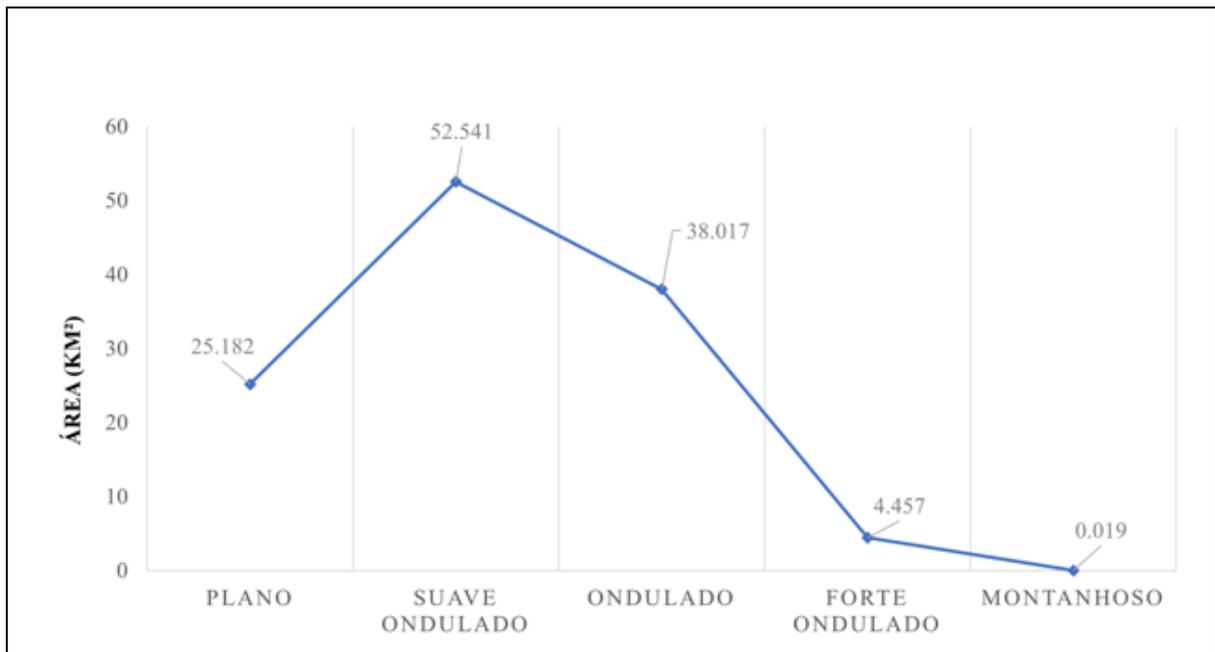
**Figura 10:** classes de declividade da Bacia Hidrográfica do Mindu.

Os valores (quadro 07), foram organizados de acordo com a classe de declividade adotada como referência pelo IBGE e EMBRAPA (1979), contudo esta última considera também o modelo escarpado, porém não teve grande influência este tipo de classificação nos resultados da BHM, como mostra as classes de declividades com os seguintes valores e a estimativa de distribuição em quilômetros quadrados (gráfico 01).

Declividade (%)	Classe	Área (Km <sup>2</sup> )
0 - 3	Plano	25,182
3 - 8	Suave ondulado	52,541
8 - 20	ondulado	38,017
20 - 45	Forte ondulado	4,457
45 - 52	Montanhoso	0,019

**Quadro 07:** valores da declividade em porcentagem (%), área (Km<sup>2</sup>) da BHM. Org.: Gabriele F. Santana (2023).

<sup>5</sup> Classificação feita pelo IBGE para regiões mais altas do relevo, porém não se enquadra na topografia do relevo de Manaus, sendo as áreas da cidade mais elevadas classificadas como colinas.

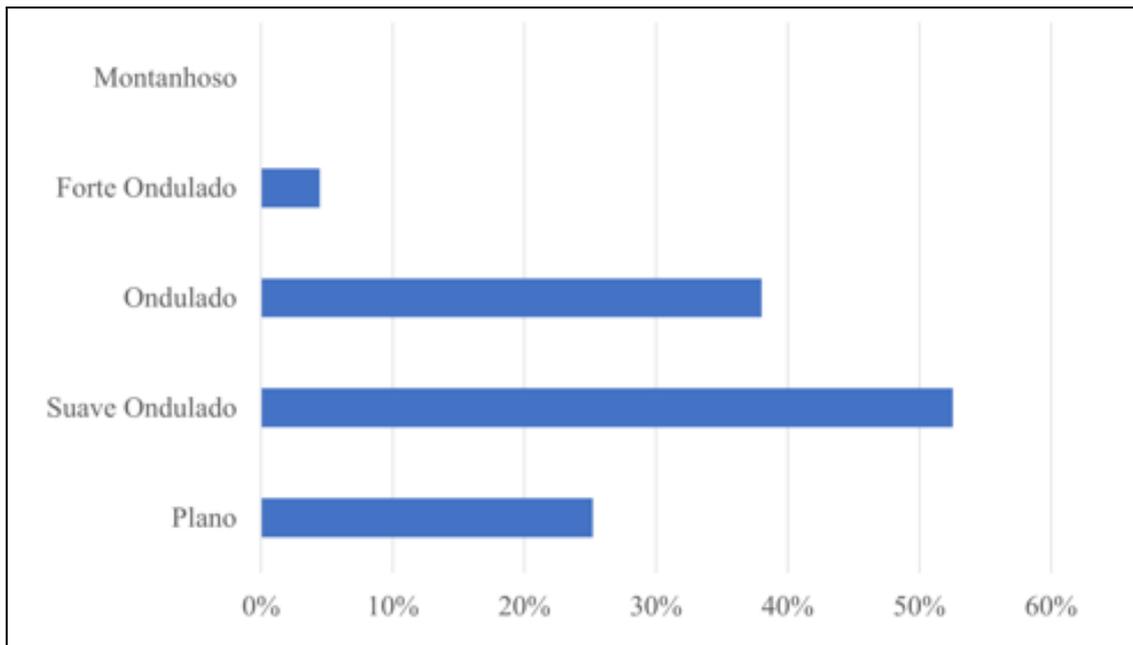


**Gráfico 01:** Estimativa de área em Km<sup>2</sup> da Bacia Hidrográfica do Mindu.

Diante dessa perspectiva, é possível constatar o encaixe dos vales, na região do médio curso o vale é mais aberto, ou seja, possui maior vazão dos canais, nessa porção concentra-se a classe plano e ondulado, e na região do baixo curso predomina a classe plana.

Quanto à região do alto curso, o canal é estreito o vale é mais encaixado com pouco alargamento do canal, características de áreas mais altas próximas às nascentes, demonstrado nos valores das porcentagens de cada intervalo. Levando em consideração a dimensão da BHM, em que corta a cidade de Manaus de nordeste (NE) à sudoeste (SW).

As classes forte ondulado e montanhoso não possuem grandes áreas de concentração, sendo classificadas apenas para áreas de interflúvios e nascentes. Portanto, a estimativa da distribuição das classes em quantidade de porcentagem na BHM, está representada de acordo com o gráfico (02), montanhoso (0%), forte ondulado ( 0% - 10%), ondulado (30% - 40%), suave ondulado (50% - 60%) e plano (20% - 30%).



**Gráfico 02:** estimativa percentual de classe / área da BHM.

#### 4.3.1 Morfometria

A hierarquia fluvial consiste no processo de estabelecer a classificação de determinado curso de água no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra (SUGUIU e BIGARELLA, 1990). A BHM, é de 5ª ordem, em que Strahler (1952) aponta que os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência. Na BHM, os canais de 1ª ordem estão distribuídos nas áreas mais altas, sendo predominantemente no alto curso e nos interflúvios.

De acordo com o mapa 03, os canais estão distribuídos por toda bacia os traços representam a quantidade de fluxo de água (volume) que recebem, quanto maior o canal, maior a vazão de água que o canal recebe. Na BHM, os canais de 5º ordem são os de menores extensões com 3.559 km, e o predomínio são os canais de 1ª ordem com aproximadamente 120.365 km de extensão.

Na porção do médio curso estão concentrados os segmentos de 1ª, 2ª e 3ª ordem. Esta região fisiográfica está na classificada em suave ondulado e a drenagem não varia muito, diferente do baixo curso que já vai receber os canais de 5ª ordem.



O resultado das análises morfométricas da BHM, mostram valores que foram alcançados após os cálculos com base nos modelos de Christofolletti (1980), (fig. 11).

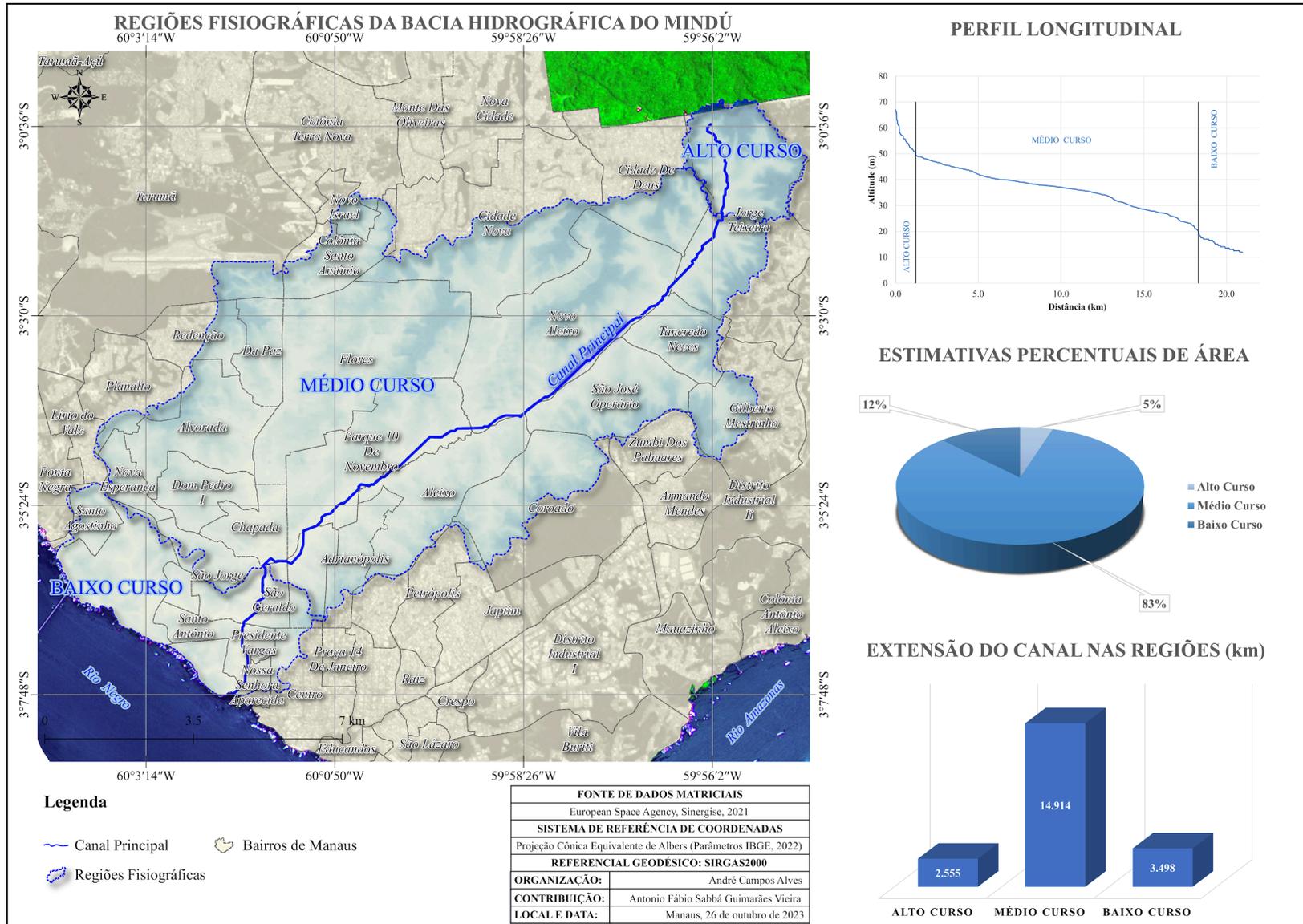
<b>Área total da bacia</b>	120.216 km <sup>2</sup>
<b>Perímetro</b>	71.321 km
<b>Extensão do canal principal</b>	20.961 km
<b>Eixo axial</b>	19.725 km
<b>Coefficiente de compacidade (Kc)</b>	1.841
<b>Fator de forma (Kf)</b>	0.302
<b>Índice de circularidade (Ic)</b>	0.291
<b>Razão de alongação (Re)</b>	0.62
<b>Densidade de drenagem (Dd)</b>	1.914
<b>Densidade hidrográfica (Dh)</b>	3.860
<b>Extensão média de escoamento superficial (Lm)</b>	0.131
<b>Índice de sinuosidade (Is)</b>	1.063
<b>Razão de textura (T)</b>	6.366

**Figura 11:** resultado dos índices morfométricos da Bacia Hidrográfica do Mindu.

#### 4.4.1 Regiões Fisiográficas

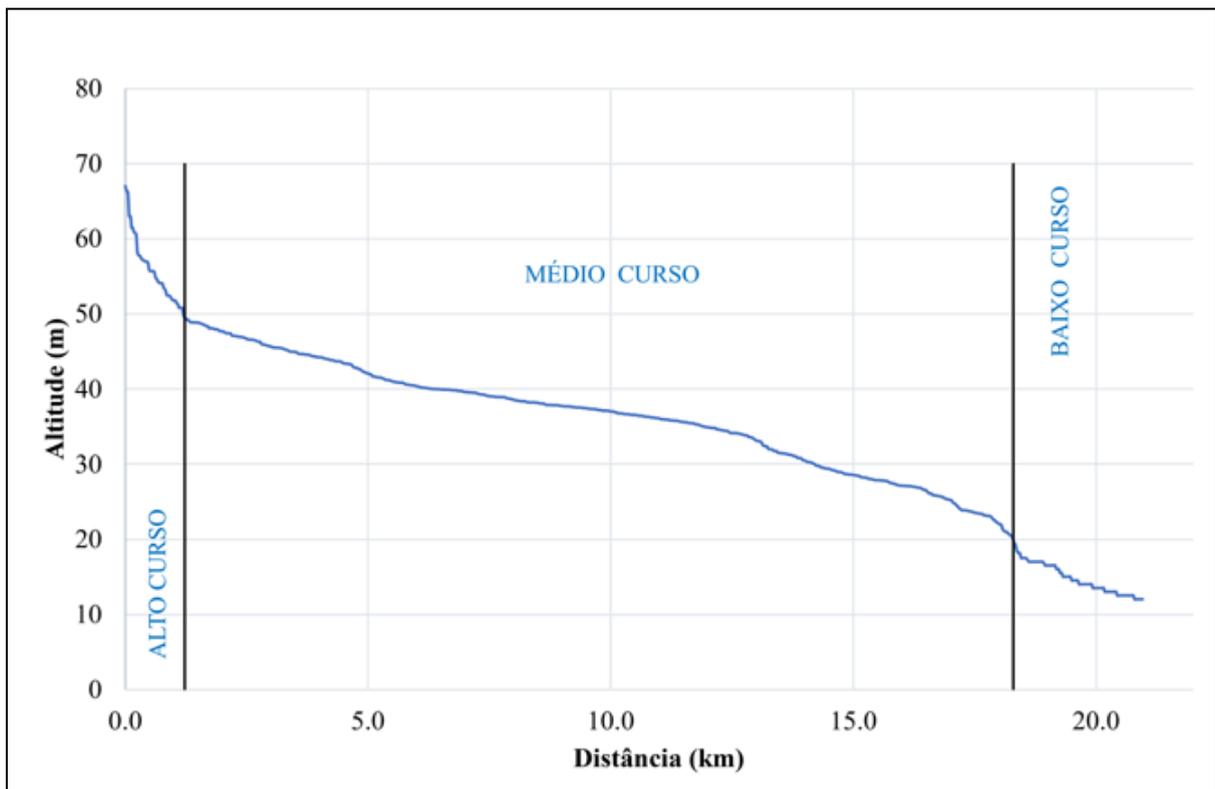
A fisiografia de uma área está relacionada com a geomorfologia (Diniz *et al.*, 2014). De acordo com o mapa 04, a setorização da BHM está dividida em três sub bacias: alto curso (5%) com cotas acima de 50 metros, médio curso (83%) e baixo curso (12%). Segundo França (2019), a compartimentação da drenagem em três segmentos é muito comum entre os estudos geomorfológicos, para auxiliar nas pesquisas relacionadas aos processos hidrológicos de uma bacia.

O trajeto do rio principal percorre ambientes geomorfológicos diferentes, principalmente entre o alto e o médio curso, em que suas altimetrias variam entre 60 e 20 metros, fator este que determina a divisão dos setores, sendo o alto curso o ambiente que de modo geral situa-se as nascentes em altitudes elevadas, apresentando declive mais acentuado que o restante do canal.



**Mapa 04:** regiões fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Mindu.

A divisão fisiográfica da BHM foi elaborada de acordo com a sua distância em quilômetro e o desnível do canal principal em sua extensão, como mostrado no gráfico (03). O alto curso está em sua totalidade entre 50 e 70 metros de altitude, o médio curso entre 20 e 50 metros e o baixo curso entre 10 e 20 metros de altitude. Com este gráfico é possível perceber como foi elaborada a divisão fisiográfica e os parâmetros considerados.



**Gráfico 03:** perfil longitudinal da Bacia Hidrográfica do Mindu.

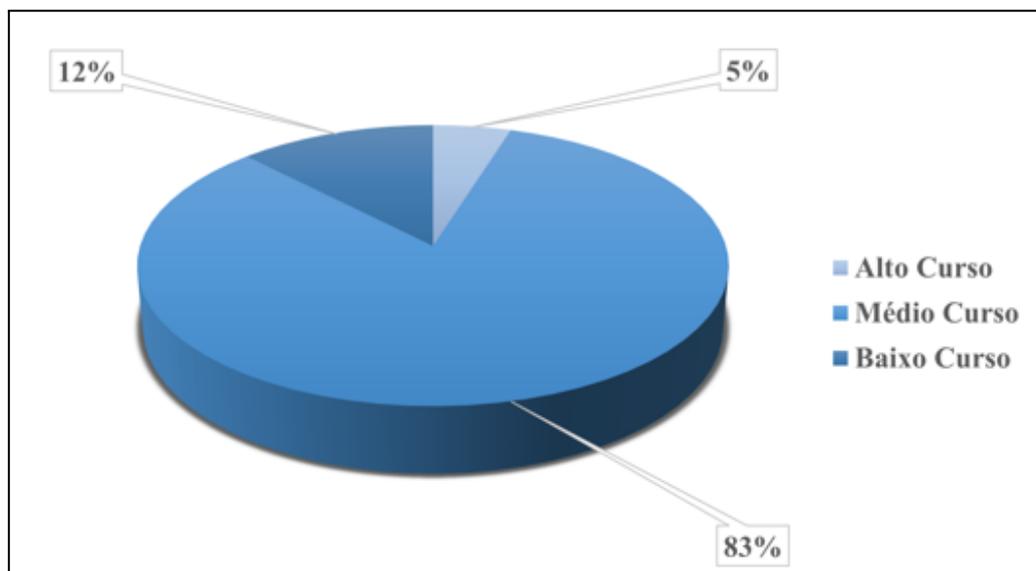
Os valores do mapa anterior pode ser expresso com os seguintes valores como mostra o quadro 08:

	Área (%)	Extensão do canal (km)
<b>Alto</b>	5%	2.55
<b>Médio</b>	83%	14.91
<b>Baixo</b>	12%	3.49

**Quadro 08:** valores das regiões fisiográficas da Bacia Hidrográfica do Mindu. Org. Gabriele Santana (2024).

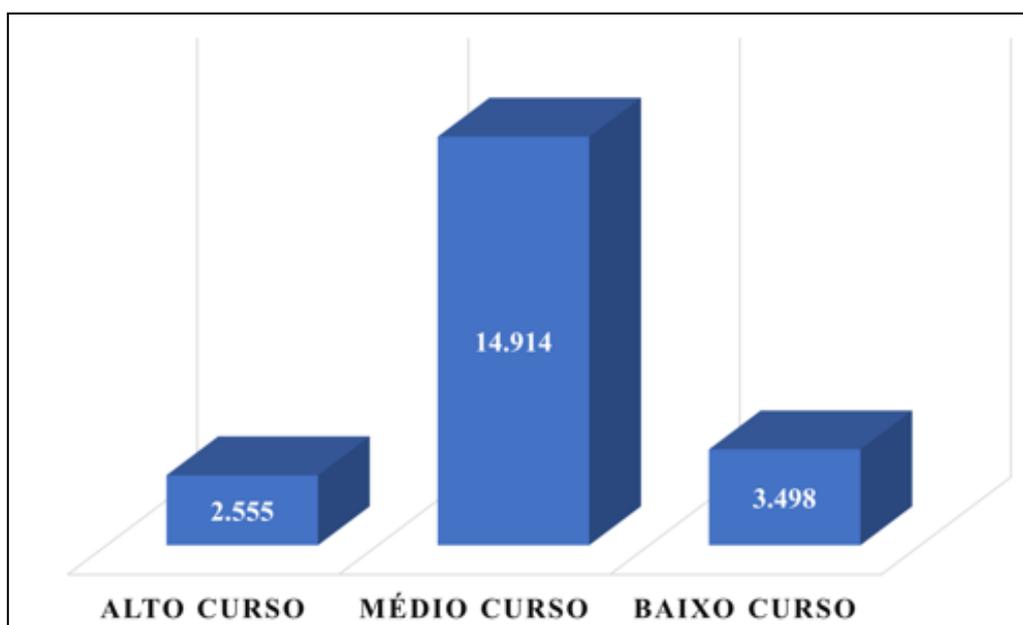
Combinado a divisão e distância em quilômetros de cada região, foi possível estimar o percentual de cada área e a extensão do canal nas regiões.

A respeito do percentual de cada área, o médio curso compreende 83% de toda bacia, o menor é o alto curso com 5% e o baixo curso com 12%, como mostra o gráfico (04).



**Gráfico 04:** estimativa de área da BHM.

Em relação a extensão do canal, está expressa no gráfico (05), a distribuição de cada setor mantém o mesmo padrão de arranjo, conciliando com a distribuição de área.

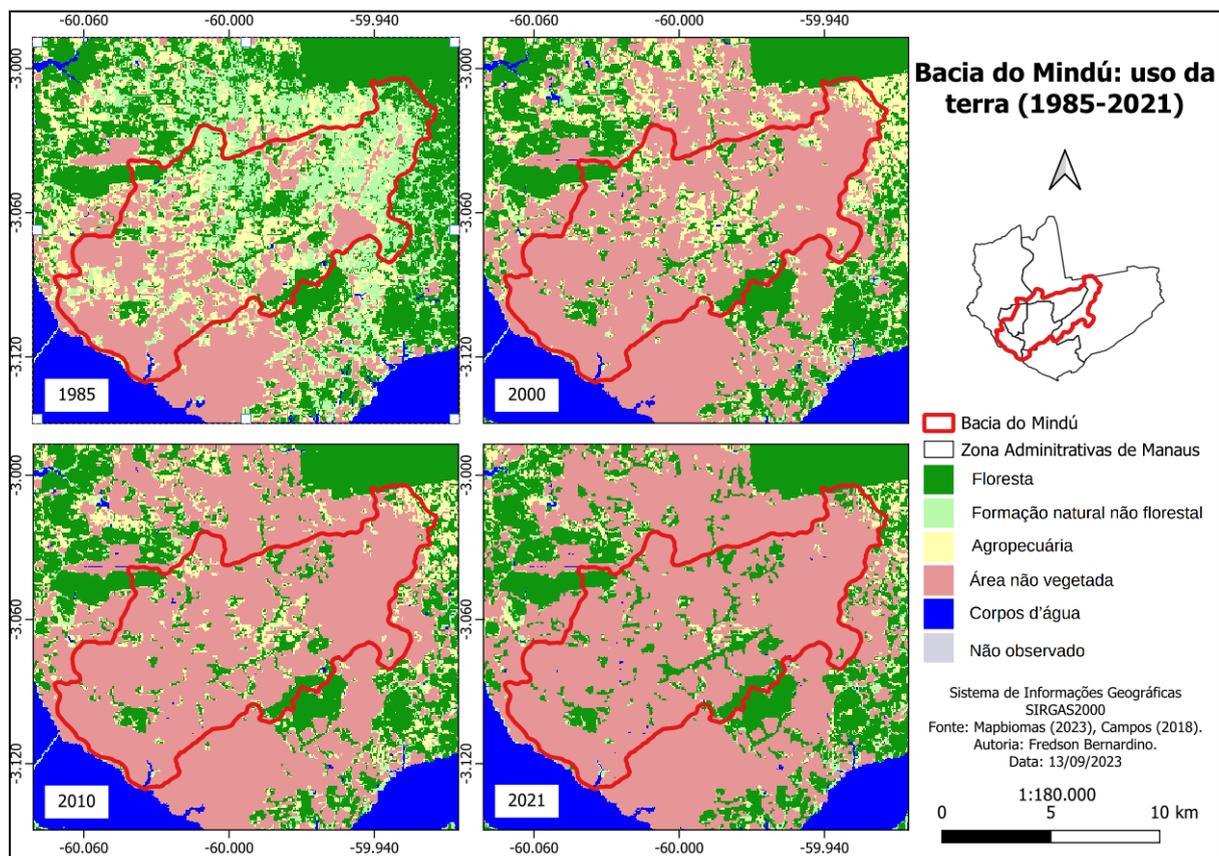


**Gráfico 05:** extensão do canal nas regiões (km).

A maior extensão de canal corresponde ao médio curso com 14.91 km, a menor extensão de canal é do alto curso com 2.55 km e o baixo curso com 3.49 km de extensão.

#### 4.5.1 Uso e ocupação da terra entorno da Bacia do Mindu

O uso da terra na área urbana de Manaus ao longo dos anos 1985 a 2021, com destaque para a delimitação da BHM, essa evolução temporal foi obtida a partir dos dados da plataforma do Mapbiomas. Na mesma figura (12), é perceptível que a perda dessa vegetação teve início pela área portuária da cidade, como em grande caso das cidades da região norte. Outro ponto destacado é a respeito da temporalidade, na qual está representado a cada dez anos, com exceção de 1985 para 2000, não foi realizado em 1995, pois não houve diferença significativa na perda de vegetação se comparado com 1985. A paisagem natural de Manaus muda com ênfase a partir dos anos 2000.



**Figura 12:** uso da terra na Bacia Hidrográfica do Mindu.

A ocupação da terra implica na perda de vegetação da área, e que em alguns casos é feito de modo urbanisticamente não planejado, ou seja, feito de maneira que foge do padrão estabelecido pelo Estado. Assim, acarretando em problemas futuros como a erosão acelerada e assoreamento de canais, e áreas susceptíveis a inundações causando prejuízos para moradores próximos a essas áreas, que se tornarão susceptíveis ao risco. Ressalta-se que essa falta de planejamento é no

sentido do bem-estar e segurança da coletividade a qual em muitos casos não é oferecida pelo Estado. Isso ocorre, como indicam Costa e Oliveira (2007) e Pennington (2009), devido ao fato de a cidade de Manaus ter crescido sem se desenvolver, ou seja, a expansão da malha urbana ocorreu sem o devido planejamento, desconsiderando aspectos naturais e socioeconômicos por tratar-se de ocupação espontânea.

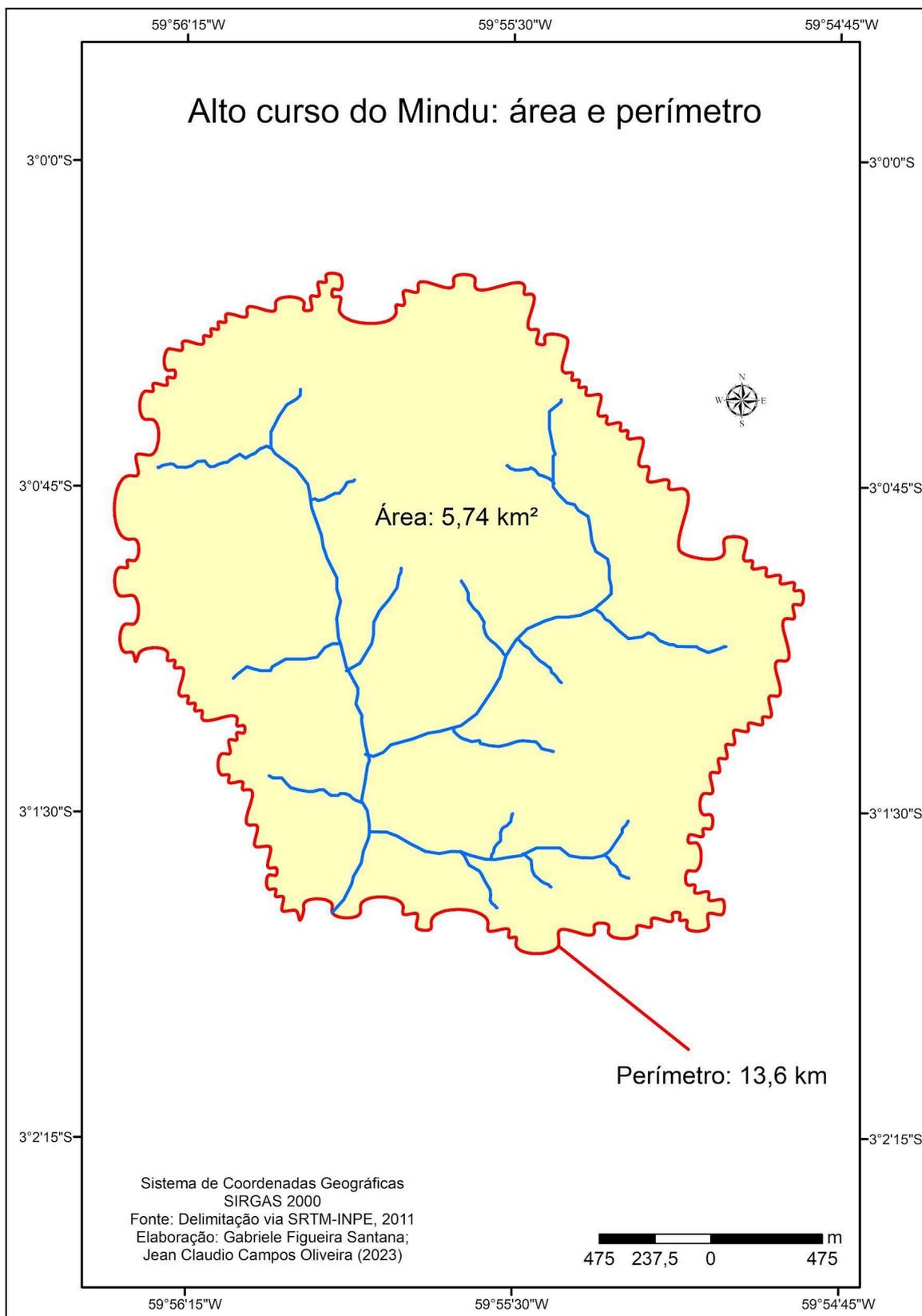
O avanço da cidade deu-se nas zonas sul e centro-sul e avançou para o sentido nordeste o que fez adensar a população na zona leste e que mais tarde avançou para a zona norte, essas duas últimas zonas são as que concentram maior número de moradores de Manaus. Segundo Pinheiro et.al (2013), a cidade de Manaus, em especial a Zona Leste, tem seu crescimento urbano sobre área de florestas primárias, de forma urbanisticamente desordenada ou por empreendimentos imobiliários autorizados. Mesquita (2009) mostra que no seu período de crescimento, Manaus perdia elementos naturais originais significativos, à medida que havia mudanças processadas na topografia através de aterramento de igarapés e nivelamento de colinas.

Quanto à expansão urbana em torno da BHM, é visto que a mesma acompanhou a expansão da cidade com início no baixo curso e cresceu de forma significativa em direção do médio e alto curso, tendo adensamento populacional neste último. Conforme Carvalho (2010), a população saltou de 300 mil em 1970 para aproximadamente dois milhões de habitantes nos primeiros anos do século XXI, fazendo com que crescessem os problemas urbanos da capital, devido à cidade de Manaus ter passado por um processo de urbanização que permitiu o avanço sobre os espaços naturais, associado à ineficiência do poder público que contribuiu para o surgimento de diversos impactos ambientais (COSTA, 2008).

#### *4.6.1 Alto curso*

Em relação ao alto curso da BHM, a sua distribuição concentra-se no bairro Jorge Teixeira, com a nascente próxima ao Jardim Botânico de Manaus – Adolpho Ducke. Levando em consideração a divisão feita das regiões fisiográficas, o alto curso pode ser classificado segundo Christofolletti (1980), como a área de coleta de água e erosão.

O alto curso da BHM apresenta área de 5,74 km<sup>2</sup> e o perímetro 13,6 Km, sendo o menor em extensão com relação às outras regiões fisiográficas, figura (13), além de abranger apenas canais de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> ordem.



**Figura 13:** área e perímetro do alto curso do Mindu.

Apesar de ser a área com maiores cotas altimétricas da bacia, essa porção mostrou registro de inundações pela CPRM, através da plataforma SACE, com arquivos disponibilizados em formato *shapefile*, e que posteriormente resultaram na produção da figura (14).

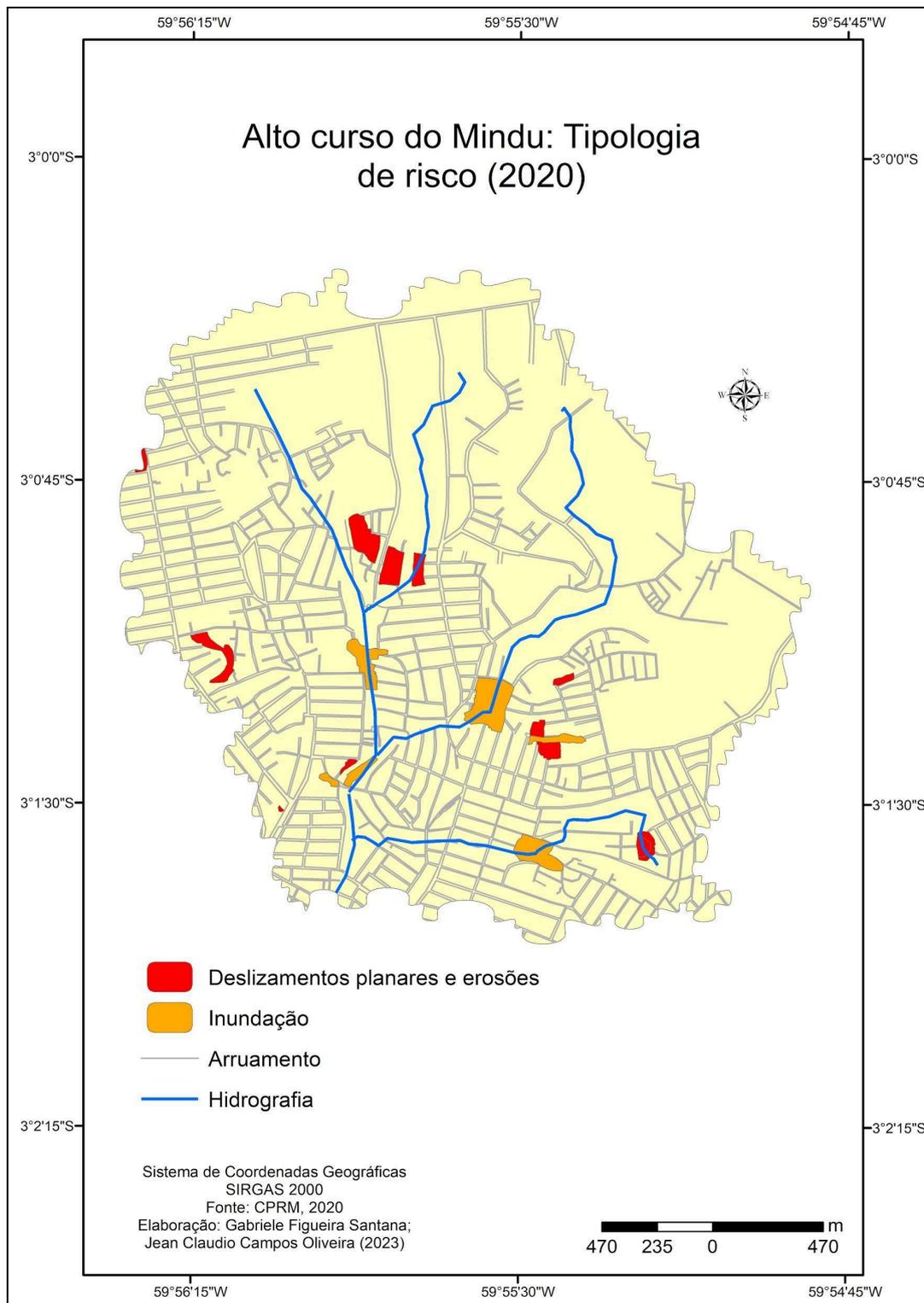


Figura 14: registro de inundações no alto curso da BHM.

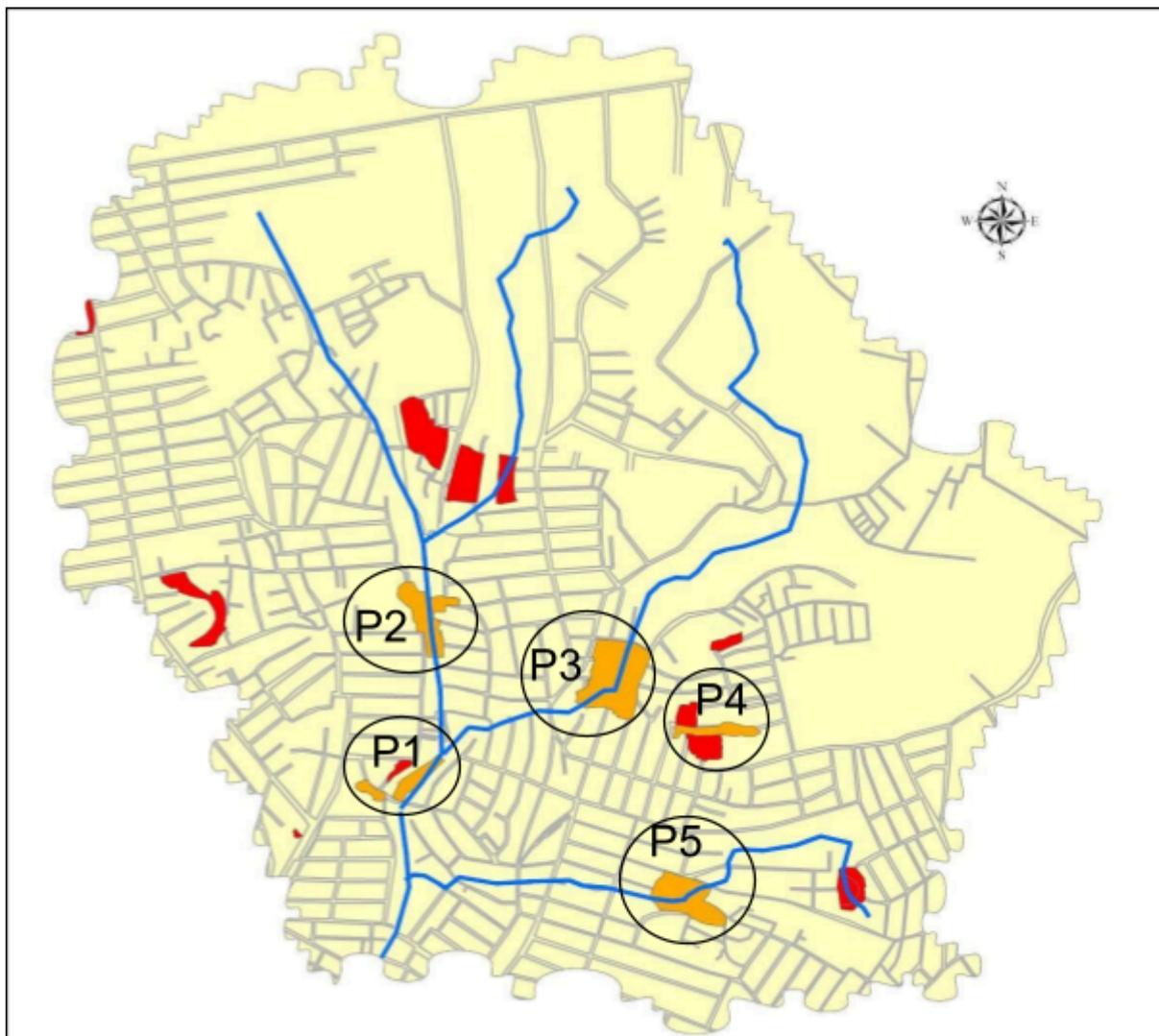
A figura anterior (14), apresenta manchas em laranja que destacam as áreas de risco a inundações, e em vermelho deslizamentos e erosões. Este arquivo disponibilizado pela CPRM, mostra apenas um recorte desses processos que acontecem de forma simultânea na cidade, o que torna ainda mais grave a eventualidade ao risco. Entretanto, os pontos coletados nessa pesquisa foram apenas para as análises das manchas de inundação.

As ocorrências são recorrentes em áreas de falhamento, o que faz ocasionar os chamados cotovelos<sup>6</sup>, dobras abruptas de uma linha contínua em um canal hidrográfico, além da confluência dos canais, o que faz acelerar o extravasamento das águas em dias de eventos extremos.

Para comprovar o monitoramento da CPRM através da plataforma SACE, e averiguar a coerência dos dados no mapa de inundação no alto curso, foram realizados trabalhos de campo nas áreas que estão propensas a inundações, a figura (15) demonstra os pontos da visita *in loco*. Os caracteres alfanuméricos (P1, P2, P3, P4 e P5) destacados são áreas que ainda sofrem problemas com as cheias e inundações e que também apresentam uma vulnerabilidade por parte dos moradores que se encontram próximo a essas áreas, seja por essas eventualidades e por ainda uma parte da população dessa área não ter saneamento básico de forma adequada, ou seja, muitas famílias ainda moram próximo a canais e o despejo de resíduos ou lixo são comuns em áreas de água corrente.

---

<sup>6</sup> Característica de relevo jovem, são estruturas de deformação em sedimentos incoesos e anomalias de drenagem correlacionáveis com os principais sistemas de falhas regionais. Tais falhas exercem controle sobre a drenagem e produzem anomalias na forma de cotovelos de drenagem e segmentos lineares entre trechos sinuosos (BEZERRA, 2012; BRAGANÇA, 2020).



**Figura 15:** pontos visitados em campo com base no monitoramento da CPRM (2023).

Para compreensão da dinâmica hídrica nesses espaços os relatos de moradores foi importante para constatações. No P1, localizado próximo às ruas Japecanga e Tomás Jobim, no bairro do Jorge Teixeira, o local é plano em relação aos demais pontos, que apresentam os riscos de inundação. Essa área recebeu alargamento do canal pela prefeitura e a probabilidade é baixa de ocorrer novas enchentes e inundações.

Neste ponto, as moradias estão distantes da margem, além de não haver casas em estilo de palafitas nas redondezas, grande parte são moradias já em alvenaria. Porém, ainda há dificuldade de acesso nessas áreas (Figura 16), com pontes improvisadas que indicam como os moradores se deslocam diariamente, além de não haver lixeiras públicas nas imediações, consequência observada com lixos próximo do canal.



**Figura 16:** vistoria em campo primeiro ponto (P1). (Foto: Gabriele F. Santana, 2023).

As figuras 17 e 18, são da mesma área (P1) porém de ângulos diferentes, pode-se notar que a obra da prefeitura teve como objetivo, a retirada de moradores que moravam nas margens dos canais, além de também realizar o alargamento próximo do canal permitindo que as águas do Mindu se ainda sofrer extravasamento não irá mais afetar os moradores que sofriam com as inundações.

Já as ruas construídas, sinalizadas com a seta amarela, servem para manter o distanciamento das moradias e melhor circulação de automóveis, assim como a vegetação auxilia contra a erosão fluvial e serve de filtro e para reter parte dos resíduos sólidos, e reduzir a poluição do canal, contudo, sem os equipamentos necessários para o despejo de lixo, como as devidas lixeiras públicas, o problema do despejo incorreto dos lixos podem voltar a ocorrer. As setas em vermelho indicam os lixos acumulados próximo ao igarapé.



**Figura 17:** vista no sentido sul do canal principal do Mindu (P1). (Foto: Gabriele F. Santana, 2023).



**Figura 18:** benefício da vegetação nas margens do alto Mindu, vista no sentido norte do canal (P1). (Foto: Gabriele F. Santana, 2023).

A visualização do canal é de difícil acesso no P2, localizado próximo à rua Juventina Pires (fig. 19), mostra que a vegetação no entorno do canal toma conta da maior parte da área. Além disso, o resíduo sólido é um problema constante nessas áreas próximas dos córregos, diferente do P1, em que houve o alargamento do canal e as casas estão distantes de sua margem, neste caso (P2), o risco de inundação ainda é presente pela situação que se encontra o ambiente, sem manutenção do canal e nas áreas próximas. Conjuntamente com a dificuldade de acesso tanto por pessoas como por veículos, soma-se a presença de animais peçonhentos.



**Figura 19:** primeiro ponto de inundação monitorada pela CPRM. (Foto: Gabriele F. Santana, 2023).

A figura (20) é a imagem do beco que dá acesso ao igarapé, nota-se que é recorrente que as residências nessa extensão ainda estejam adjacentes ao canal. Outro fator é a cobertura da vegetação na margem, o risco de acidentes no local é alto, pois não há placas ou contenções que mostrem o limite entre o solo e a água, assim as chances de pessoas caírem no canal é alta, principalmente as que não

estão familiarizadas com o local, e o risco aumenta em dias chuvosos. A figura (20) mostra um morador no fundo da imagem passando por um caminho estreito entre o canal e as casas.



**Figura 20:** dificuldade de acesso no P2. (Foto: Gabriele F. Santana 2023).

As inundações ainda são bastante recorrentes em todos os pontos de destaque, especialmente na figura (21) (P3), localizado na rua Mapuá, moradores do entorno afirmam que o motivo maior é por conta do despejo constante de lixos no local, observa-se que a margem esquerda não possui espaço suficiente para suportar o nível da água excedente, assim este é um dos pontos que mais apresenta inundações, dos pontos monitorados pela CPRM. A área é de difícil acesso por conta da falta de segurança no local, os moradores passam por ambos problemas de saneamento e o da insegurança.



**Figura 21:** trecho com maior risco de inundação do alto curso. (Foto: Gabriele F. Santana, 2023).

As outras duas manchas de inundação P4 e P5, não puderam ter registro direto do canal, pois são áreas que ficam na parte de trás das residências, ou seja, o canal faz parte dos fundos das casas quintal de onde a mancha de inundação está indicada na figura (15), dificultando a vistoria do local. Contudo, isso já indica que as casas estão em risco pela proximidade do canal e possível impermeabilização do solo.

Todavia, uma análise foi feita de acordo com a geomorfologia do local, em razão das manchas estarem situadas em fundos de vales e terem proximidades com vertentes mais íngremes. As figuras (22 e 23) localizadas nas ruas Plutarco e São Pedro mostram o relevo do local e as vertentes que podem contribuir com a descarga d'água para acelerar o processo de inundação na parte posterior das casas.



**Figura 22:** vertentes, agentes que favorecem o processo de inundação (Rua Plutarco). Fonte: Google Earth (2023).



**Figura 23:** vertentes, agentes que favorecem o processo de inundação (Rua São Pedro) Fonte: Google Earth (2023).

#### 4.7.1 Riscos que a sociedade enfrenta diariamente em relação às águas do Mindu.

A qualidade da água das 19 bacias hidrográficas do espaço urbano de Manaus não conta mais com a mesma qualidade que na década de 1960, quando a população manauara ainda banhava-se em algumas dessas águas. Devido ao crescimento populacional, muitos córregos foram poluídos, assoreados e suas margens alteradas, e tudo isso ocasionou uma série de consequências negativas que assolam a população mais vulnerável vizinhos dessas bacias, seja por transmissão de doenças ou danos materiais.

Ao estudar o alto curso, outros contatos com o canais menores vão se fazendo presentes, e apesar de estarem no médio curso, uma análise deve ser feita a respeito da vulnerabilidade socioambiental, como as casas que ainda se encontram nas margens da bacia, zonas extremamente perigosas principalmente para idosos e crianças, contribuindo para a periculosidade dessas áreas de difícil acesso. A figura (24) mostra um mosaico dos ambientes que os moradores próximos dos canais precisam conviver dia a dia.



**Figura 24:** A) casas próximas ao canal recobertas por vegetação e lixo no local. B) casas de palafitas com escoamento para o canal principal. C) canal passando próximo a

estabelecimentos sem proteção na lateral esquerda. D) passagem improvisada entre casas e o canal. Fotos: Gabriele F. Santana (2023).

O processo de ocupação nessas áreas é antigo e os moradores costumam ter uma relação direta com o canal, seja pelo despejo do lixo, escoamento do esgotamento sanitário ou até mesmo banhar-se nas águas. Nos períodos mais chuvosos na região é comum jovens e crianças irem aos pontos de cheia e banhar-se, contudo como o meio urbano se inseriu próximo a essas margens, as águas já apresentam contaminações e de acordo com o IBGE, as crianças são uma das principais vítimas de vulnerabilidade inclusive de saúde. Na figura (25), a realidade dessa vulnerabilidade social fica clara com crianças banhando-se nas águas do Mindu.



**Figura 25:** crianças banham-se durante o dia nas águas do Mindu. (Foto: Gabriele F. Santana 2022).

A prefeitura vem trabalhando em áreas que antes recebiam maior número de inundações, para isso, foi realizado um trabalho de remanejamento dessas famílias que moravam próxima ao canal, para o alargamento do canal. Durante a visita em

campo observou-se como estão sendo realizadas as obras, próximo à rua Tomás Jobim e Teresa Rosa, (figura 26).



**Figura 26:** Processo da obra da prefeitura no alargamento do canal do Mindu A) processo após retirada de moradores para abertura do canal B) obras em andamento na abertura do canal C) processo finalizado recente com pouca vegetação no entorno e D) alargamento do canal finalizado. (Foto Gabriele F. Santana, 2023).

O programa realizado pela prefeitura é intitulado de "Recuperação ambiental, requalificação social e urbanística do igarapé do Mindu" (Promindu), tem como objetivo dar andamento no Corredor Ecológico do Mindu, levando intervenções com o ciclo de vários anos de ocupação irregular, em área de APP, além de sanar o transbordamento do canal. Esse projeto está com ênfase em grande parte no médio curso do Mindu,(fig. 27 e 28), mostra as áreas que estão sofrendo intervenção da prefeitura.



**Figura 27:** médio curso do Mindu, que sofreu intervenção da prefeitura, o destaque mostra as placas de intervenção da prefeitura (Foto: Gabriele F. Santana, 2021).



**Figura 28:** sinalização de placas onde acontecem as obras da prefeitura. (Foto Gabriele F. Santana, 2021).

#### 4.8.1 Análise da vulnerabilidade socioambiental

Foi analisada a perspectiva de cunho social que está inserida no alto curso da BHM, tendo em vista os riscos de inundações é válido compreender o impacto que este evento causa nos moradores aos arredores do alto curso em especial os que residem às margens da rede hidrográfica da bacia e as condições em que vivem. Desta forma, as variáveis socioeconômicas foram coletadas do *site* IBGE, no qual, também disponibiliza as informações em formato *shapefile*, podendo assim gerar mapas temáticos.

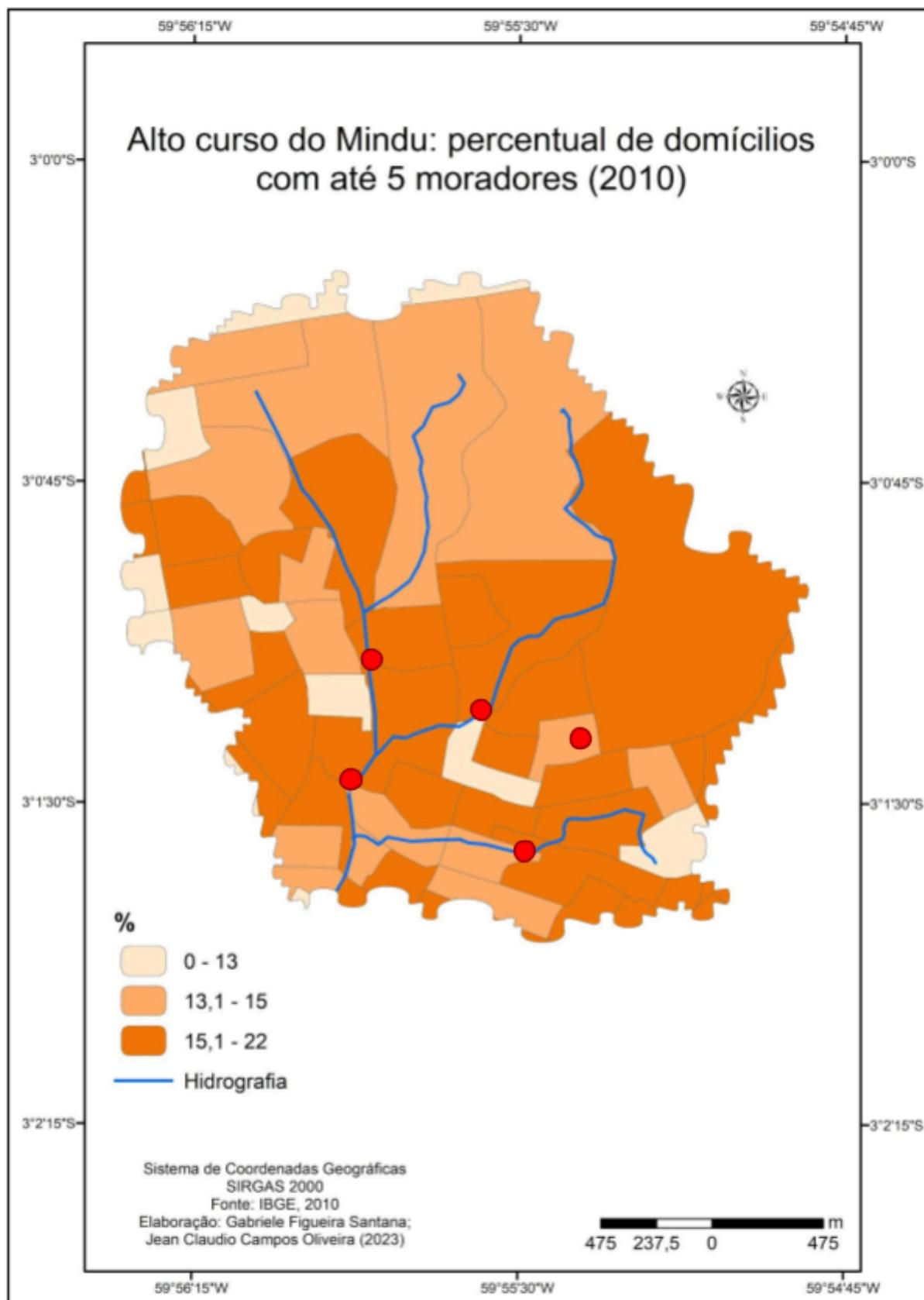
Para esta análise foram coletados dados como: a) número de moradores; salário mínimo; b) distribuição de água; c) analfabetismo; d) domicílios alugados; e) energia elétrica; f) domicílios próprios; h) esgotamento sanitário via rio, lago ou mar; i) domicílios com lixo coletado; j) despejo de lixo em outros destinos; k) despejo de lixo em rio, lago ou mar e domicílios cedidos.

Importante salientar que esses dados são do IBGE do ano de 2010, último censo disponível em que os dados estiveram mais concisos, após o período pandêmico (2021), o órgão ainda não trouxe dados completos<sup>7</sup>, por conta disso, mesmo com dados mais antigos é possível observar as variáveis mencionadas anteriormente no alto curso da bacia.

Os mapas seguintes estão destinados exclusivamente para o perímetro do alto curso, sendo o mapa (05) com destaque para o número de moradores com estimativa média de até 5 habitantes em uma residência. A partir das informações dos dados censitários do IBGE (2010), a estimativa de domicílios é elevada em praticamente todo setor do alto curso, principalmente próximo aos canais, os pontos em vermelho destacam as áreas de inundação. A concentração de famílias que têm até 5 moradores está concentrada na parte leste do alto curso e limite do alto e médio curso. Dos 5 pontos mostrados no mapa, 3 deles estão em zonas de maior concentração de pessoas, o que implica que ainda há pessoas que estão nas áreas próximas às zonas de inundação.

---

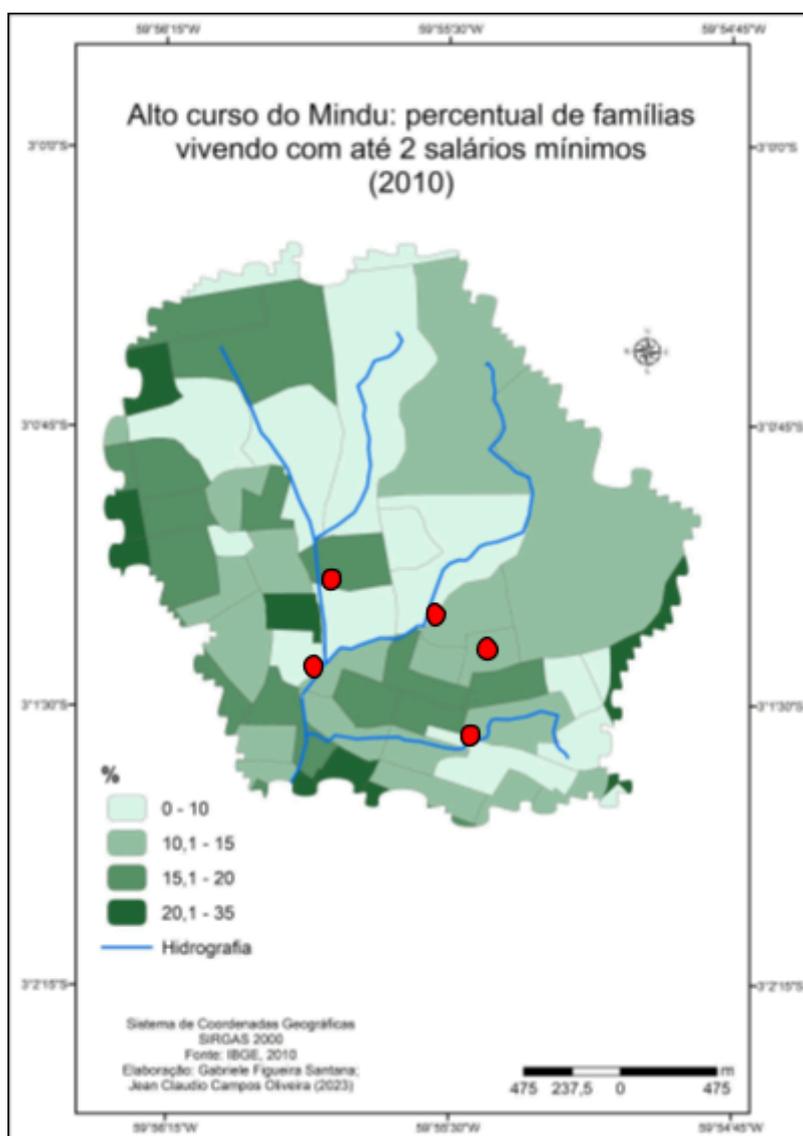
<sup>7</sup> Até a data da elaboração do trabalho, ano de 2023, os dados do Censo de 2022 ainda não haviam sido disponibilizados.



**Mapa 05:** número de moradores no alto curso do Mindu.

#### 4.9.1 Renda

Na figura 29, o percentual de famílias vivendo com até dois salários mínimos é equilibrado. As tonalidades em verde escuro são pontuais em relação ao canal, sobretudo por serem áreas de comércio e com ruas de fácil acesso às casas. Porém, não há como desconsiderar as tonalidades mais claras que apontam moradores vivendo com menos de um salário mínimo com casas ainda improvisadas ou em estilo palafita, estas estão em grande maioria aglomeradas em áreas próximas do canal, e isso reflete diretamente nas condições que essas famílias se encontram. Dos 5 pontos de risco de inundação destacados, 4 estão em zonas com baixa renda e a probabilidade de famílias mais carentes estarem próximas nessa área são altas. As tonalidades mais claras são por conta de espaços destinados à plantação.



**Figura 29:** famílias vivendo com até 2 salários mínimos no alto curso do Mindu.

#### 4.10.1 Acesso a água

A distribuição de água nas residências foi analisada para avaliar se as famílias tinham distribuição de maneira regular, e pode-se constatar que a grande parte das casas possui encanamento nas áreas mais próximas ao canal, enquanto que nas áreas mais periféricas da delimitação do alto curso essa mesma distribuição é quase nula, a maior porcentagem varia entre 40% e 60% resultando em casas com instabilidade de água. Três dos pontos de inundação no mapa estão próximos de áreas com baixa distribuição de água de acordo com a figura (30):

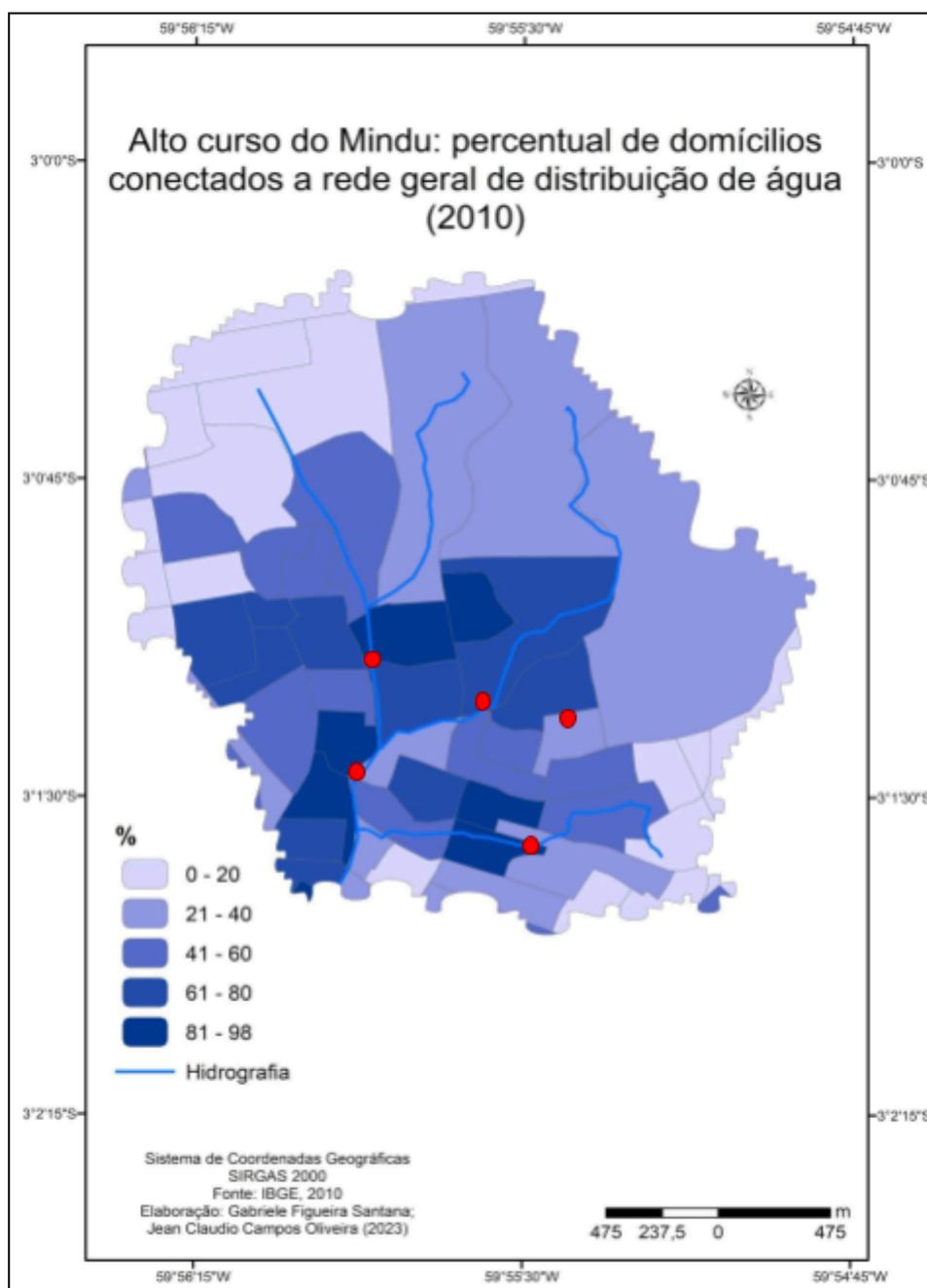
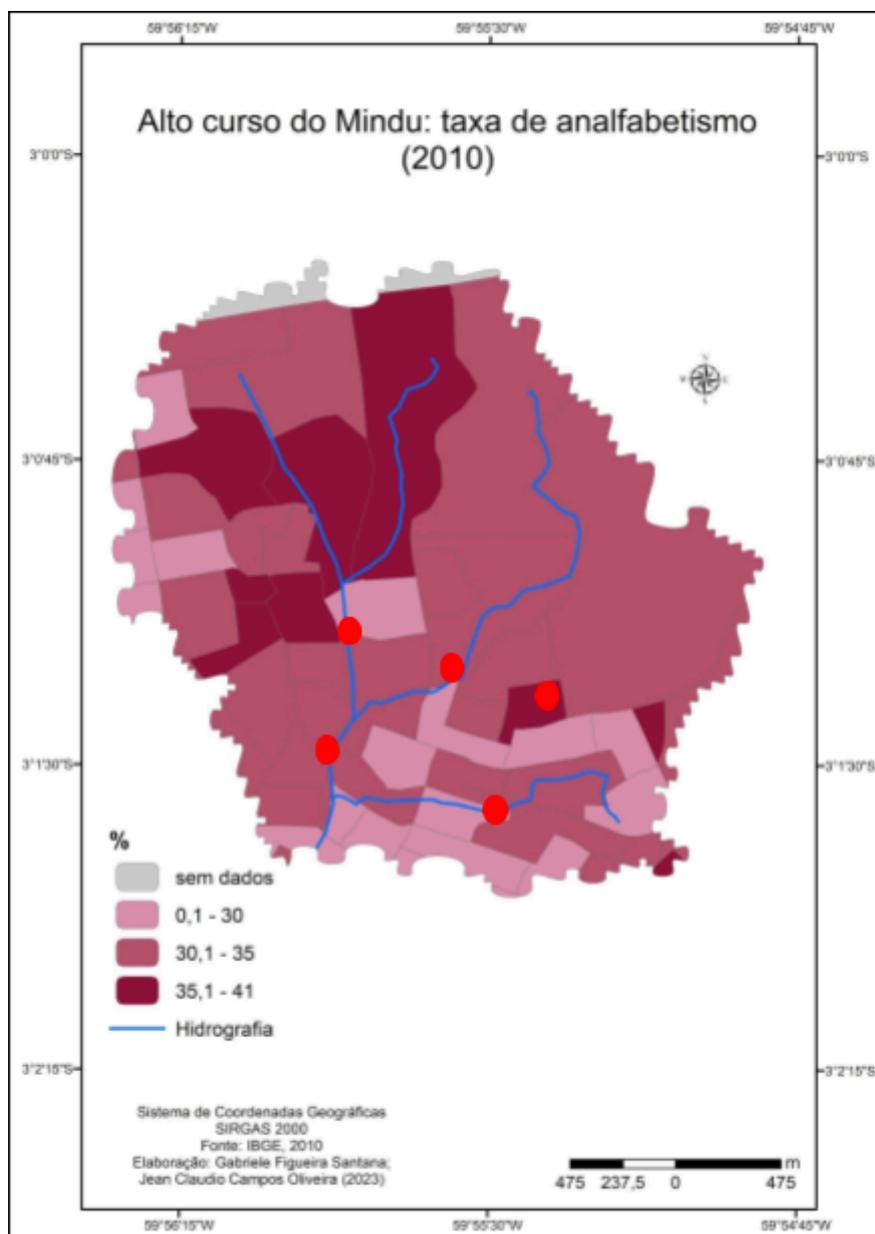


Figura 30: distribuição de água no alto curso do Mindu.

#### 4.11.1 Analfabetismo

A taxa de analfabetismo é alta nesta seção da BHM, a figura (31) mostra a espacialização das famílias que possuem baixa escolarização que abrange a maior parte do alto curso, no perímetro estão distribuídas 13 unidades de educação incluindo Escola Municipal - EM; Centro Integrado Municipal de Educação - CIME; Centro Municipal de Educação Infantil - CIMEI; Centro Educacional de Tecnologias Integradas - CETI e Creches, um número relativamente baixo para uma área com densidade populacional elevado, nota-se então, uma carência dessas unidades de ensino o que repercute na dificuldade com matrículas, pouca assistência para os jovens e como consequência a evasão escolar.



**Figura 31:** taxa de analfabetismo no alto curso do Mindu.

#### 4.12.1 Domicílios alugados

O percentual de domicílios alugados é baixo nas áreas próximo a nascente da Bacia e mais a leste devido às áreas ainda com densa vegetação espaços destinados a plantações, ocorrendo uma concentração já próxima do canal em contato com o médio curso, em razão de estar próximo às Avenidas Nossa Senhora das Graças e Brigadeiro Hilário Gurjão, sendo essa uma das mais movimentadas do bairro Jorge Teixeira, destacado na figura (32):

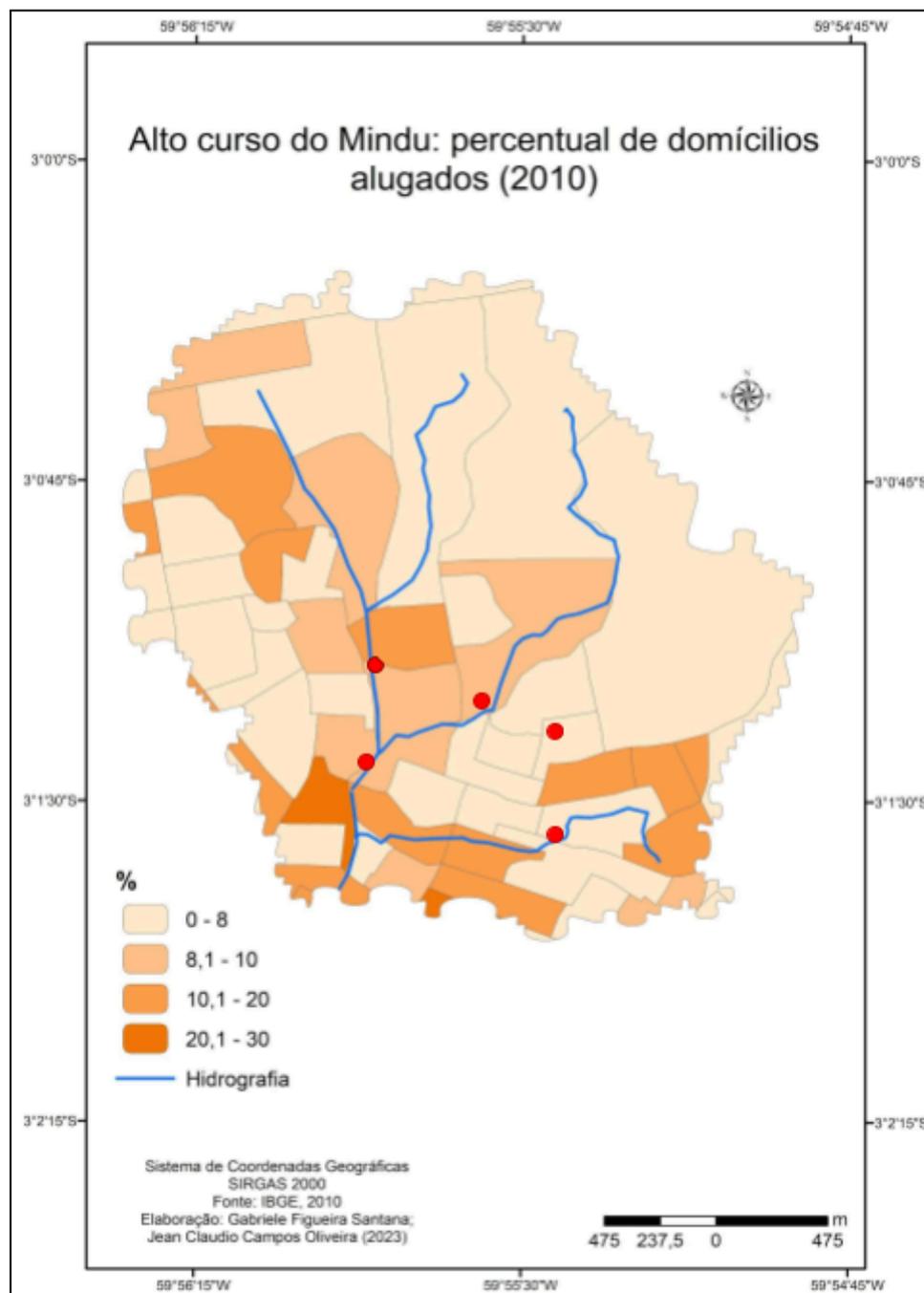
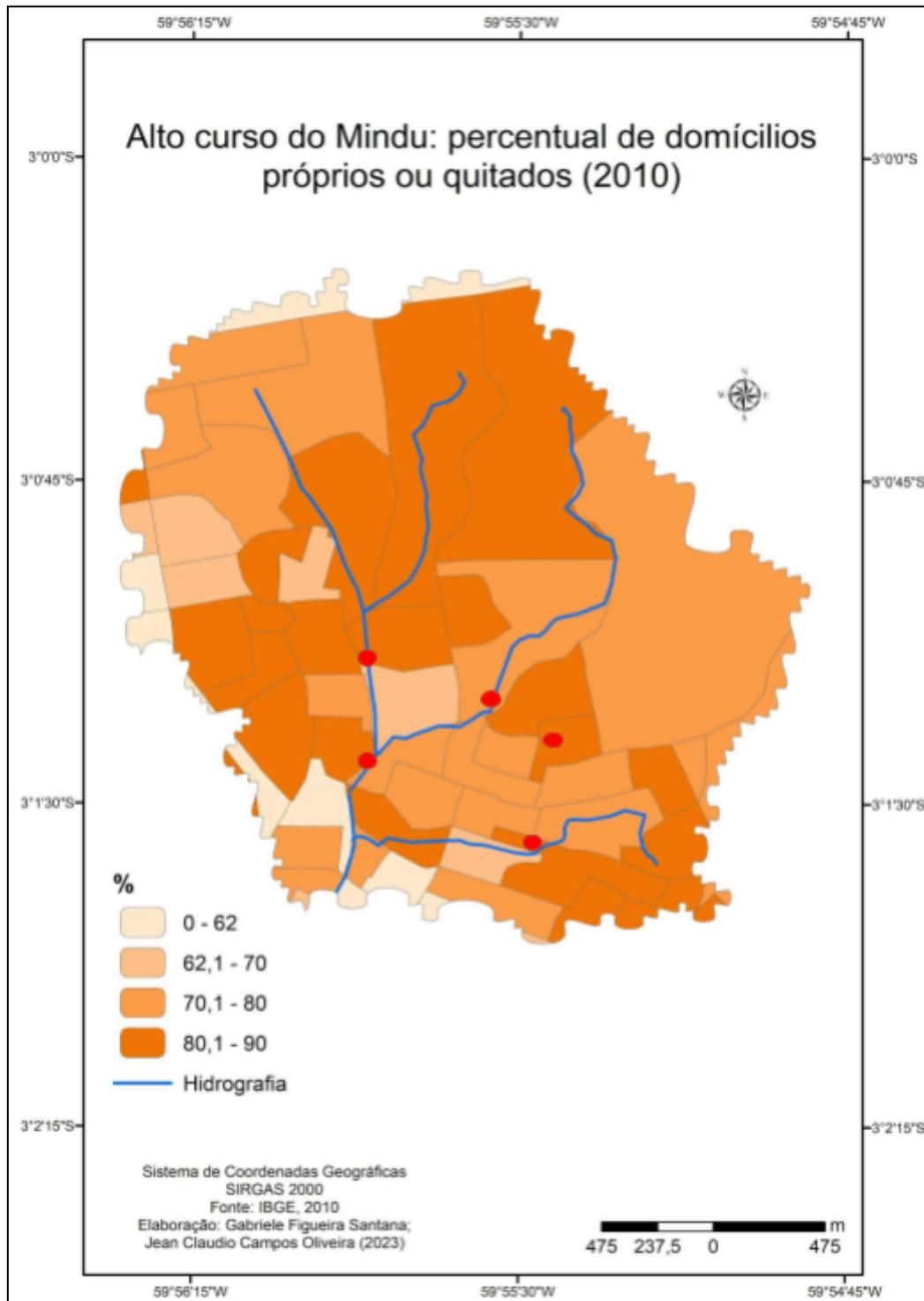


Figura 32: domicílios alugados no alto curso do Mindu.

#### 4.13.1 Domicílios próprios

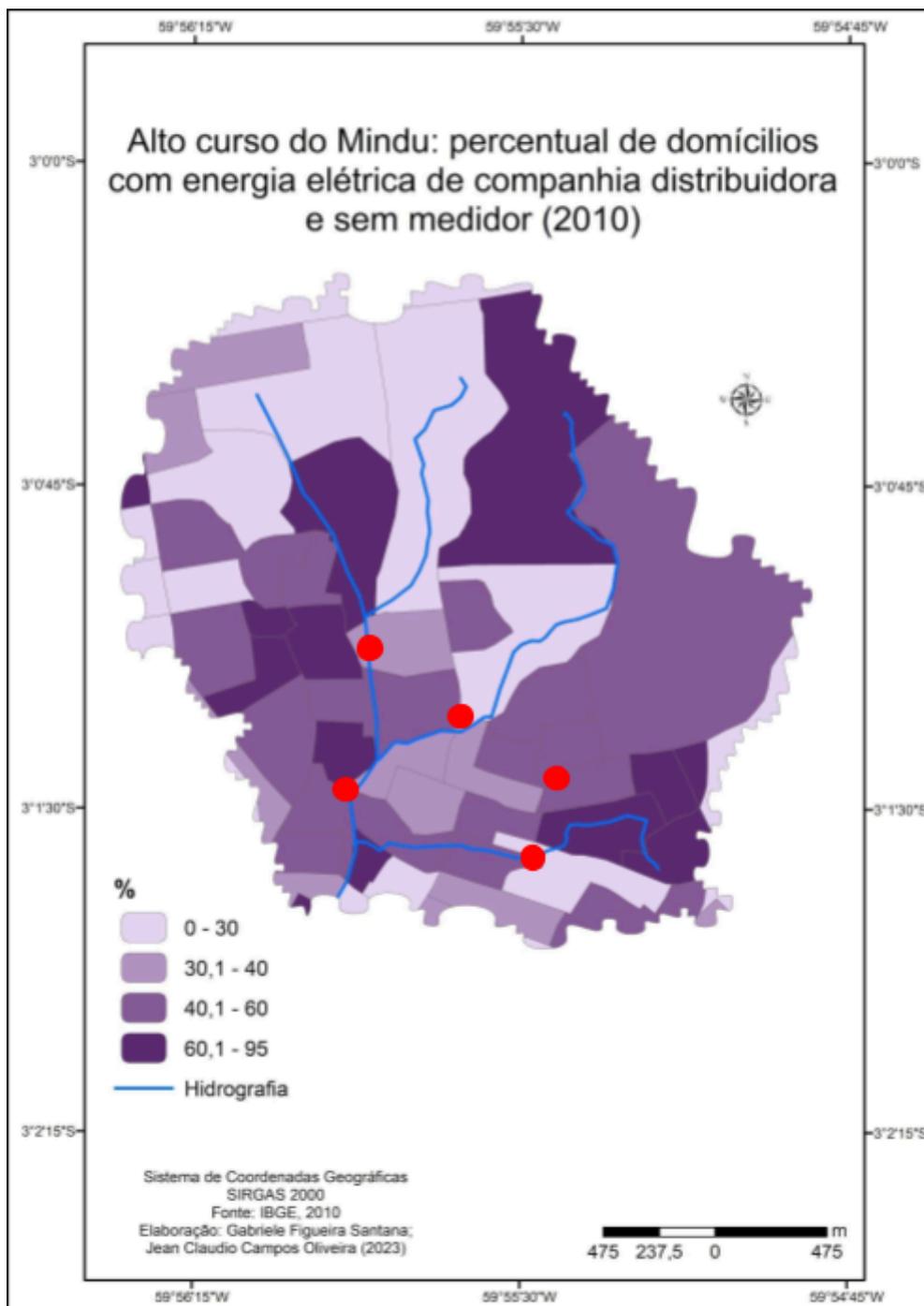
A figura (33), mostra que maior parte da área destaca-se por moradias próprias e quitadas. Ressalta-se majoritariamente a área do alto Mindu sofreu com uma ocupação irregular rápida e dessa forma as áreas de domicílios próprios e quitados são dessa origem..



**Figura 33:** domicílios próprios ou quitados.

#### 4.14.1 Rede elétrica

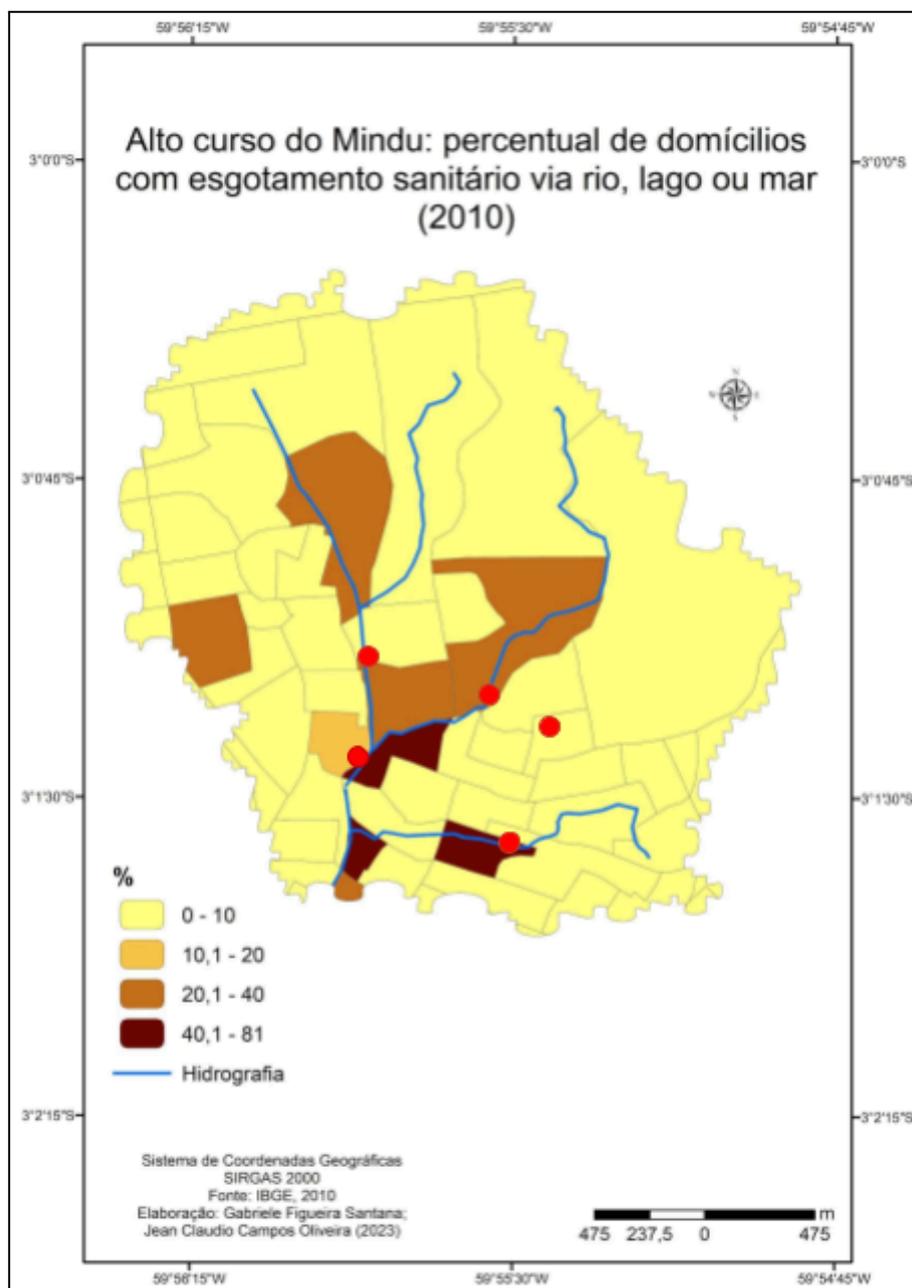
A distribuição de energia elétrica no alto curso também é desigual, a figura (34), aponta as áreas que possuem o quantitativo de domicílios conectados à rede de energia porém sem medidor, isso significa, que as casas possuem ligações diretas aos postes de energia, porém ainda não são contribuintes, as manchas em roxo escuro mostram onde é mais recorrentes esses casos, já os tons mais claros dessa mesma distribuição é baixa.



**Figura 34:** distribuição de energia elétrica no alto curso do Mindu.

#### 4.15.1 Esgotamento sanitário irregular

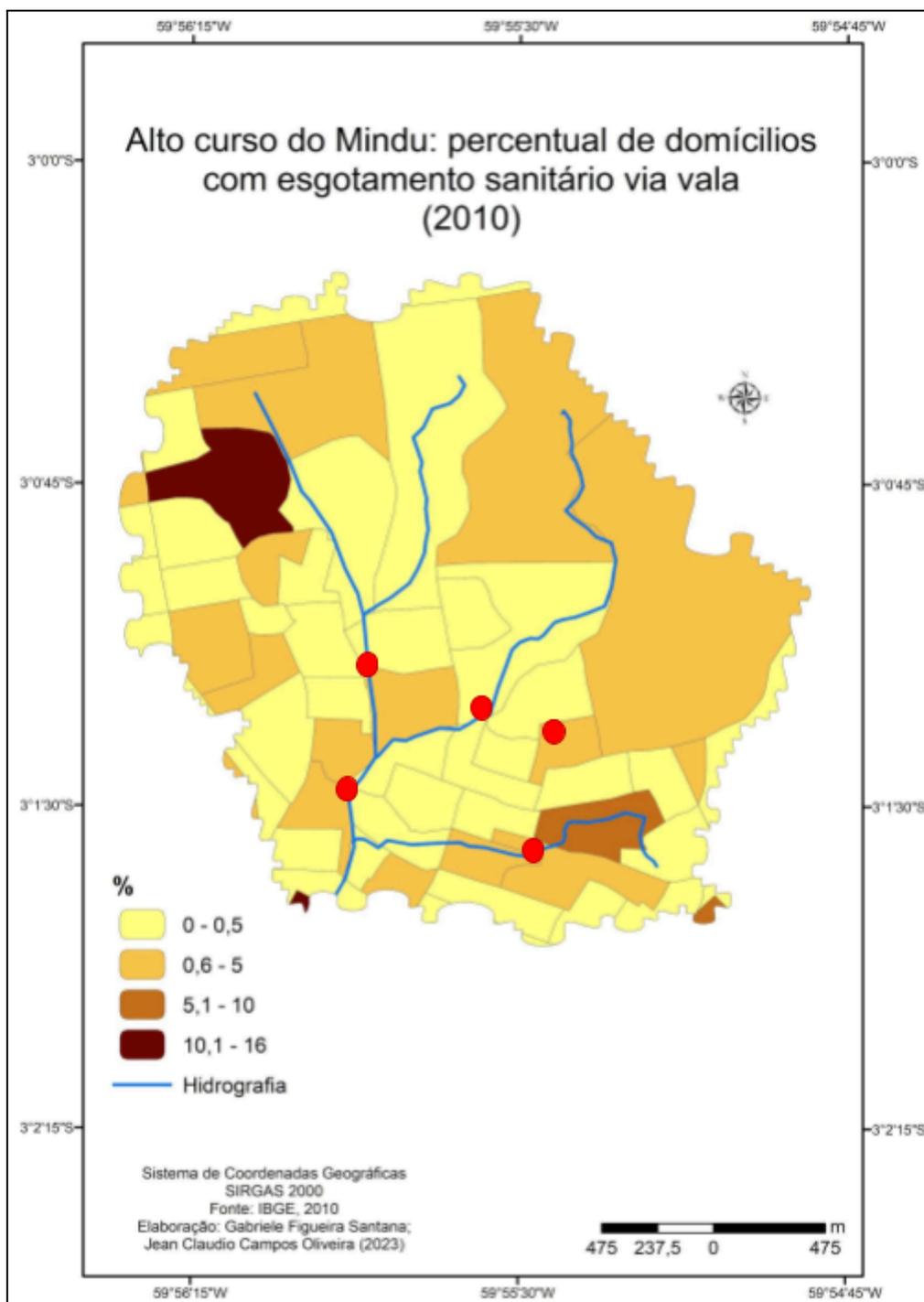
Um dos maiores problemas enfrentados em uma área urbana que possui canais é o despejo incorreto nessas vias fluviais, motivando o mal cheiro nas extensões mais próximas, além da transmissão de doenças. No alto curso do Mindu isso é um problema que acontece com grande ênfase próximo aos canais ocasionando problemas como transmissão de doenças seja por contato da água contaminada ou por roedores, a figura (35), destaca os domicílios com esgotamento sanitário em vias fluviais. As manchas com maior intensidade de cor estão em maioria nas áreas com risco de inundação.



**Figura 35:** domicílios com esgotamento sanitário em vias fluviais.

#### 4.16.1 Esgotamento sanitário regular

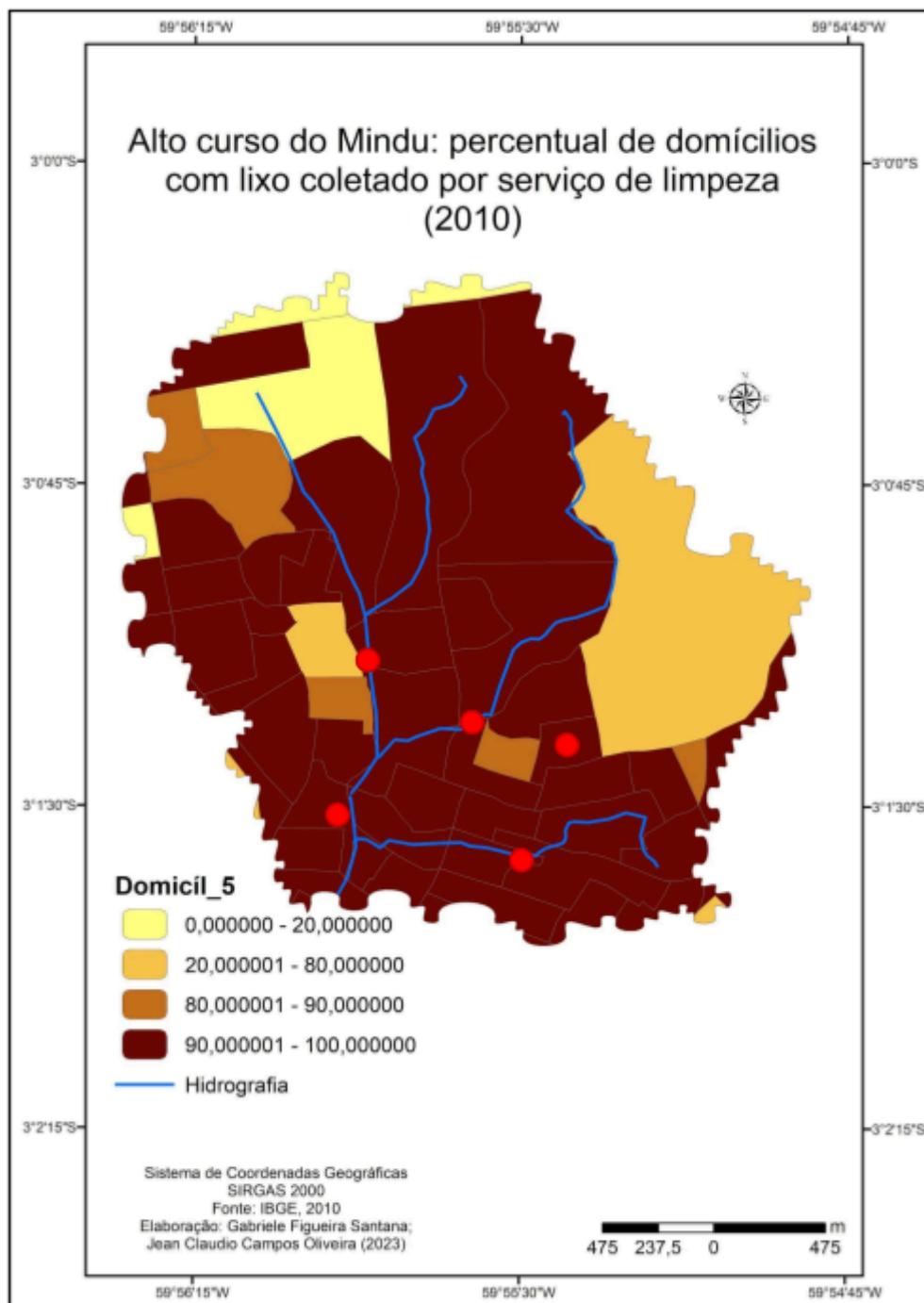
Já o esgotamento dos domicílios com esgotamento sanitário via vala é baixo, maior parte do alto curso encontra-se sem acesso a esgotos, a cor em destaque na figura (36) está próxima de uma das avenidas principais e com melhor pavimentação. Os tons mais claros destacam as áreas que não possuem esse serviço, estando mais próximo dos canais fluviais.



**Figura 36:** domicílios com esgotamento via vala.

#### 4.17.1 Lixo coletado

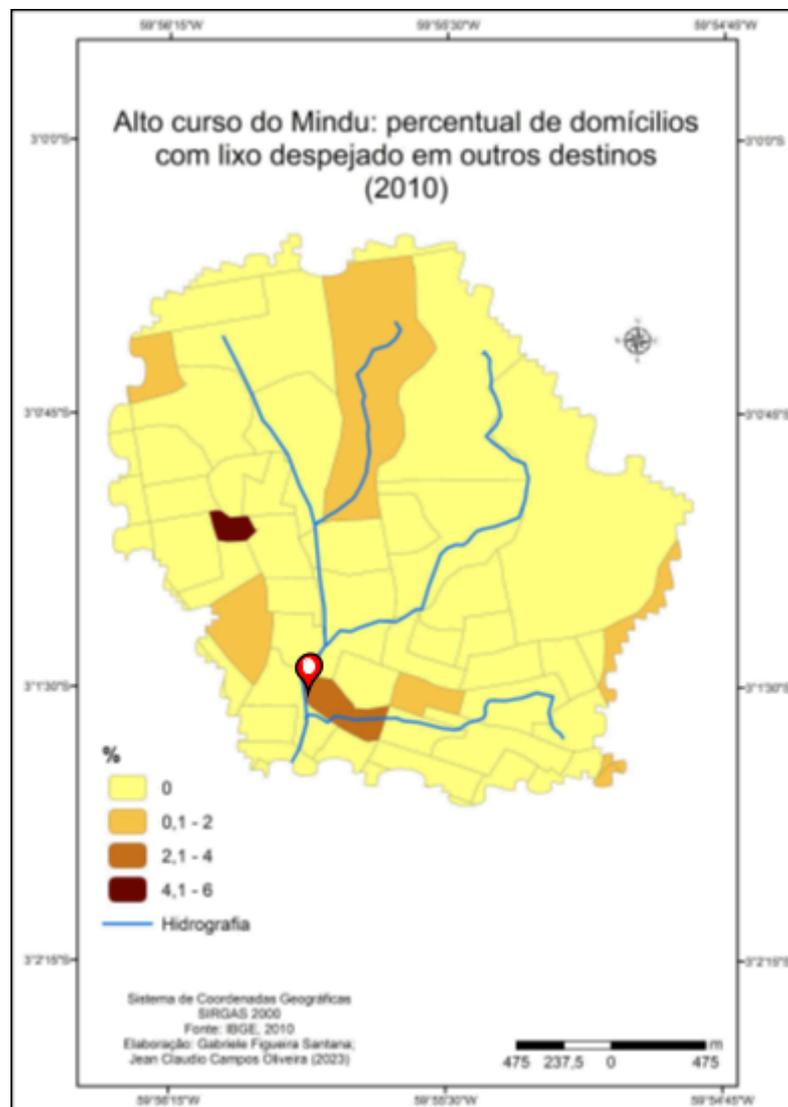
A coleta de lixo é feita de maneira regular na área, maior parte dos domicílios recebem suporte desse serviço, incluindo as áreas sujeitas a inundações, como está na figura (37), esse indicativo nos permite analisar que o lixo não é somente um dos fatores que ocasionam esses eventos. Entretanto não descarta-se as áreas que não recebem esse serviço público, deixando algumas famílias sem opção de descarte de lixos e resíduos sólidos.



**Figura 37:** domicílios com coleta de lixo.

#### 4.18.1 Lixo despejado em outros destinos

O lixo despejado em outros destinos compreende espaços que vão além das vias fluviais, como becos, ruas, e passagens, esse tipo de descarte é prejudicial principalmente para o solo, pois maior parte desses dejetos ficam em contato com o chão. Este tipo de análise é importante também para compreender que esses locais quando não possuem coleta de lixo regular pode trazer danos também para a saúde, através de contaminações além de atrair animais sinantrópicos.<sup>8</sup> De acordo com a figura (38), o número de descarte em outros lugares é baixo, mas ainda recorrente e são destinados a lixeiras viciadas, o marcador na figura mostra o ponto onde são encontrados casos como este descrito retratado na imagem (39).



**Figura 38:** domicílios com despejo em outros destinos.

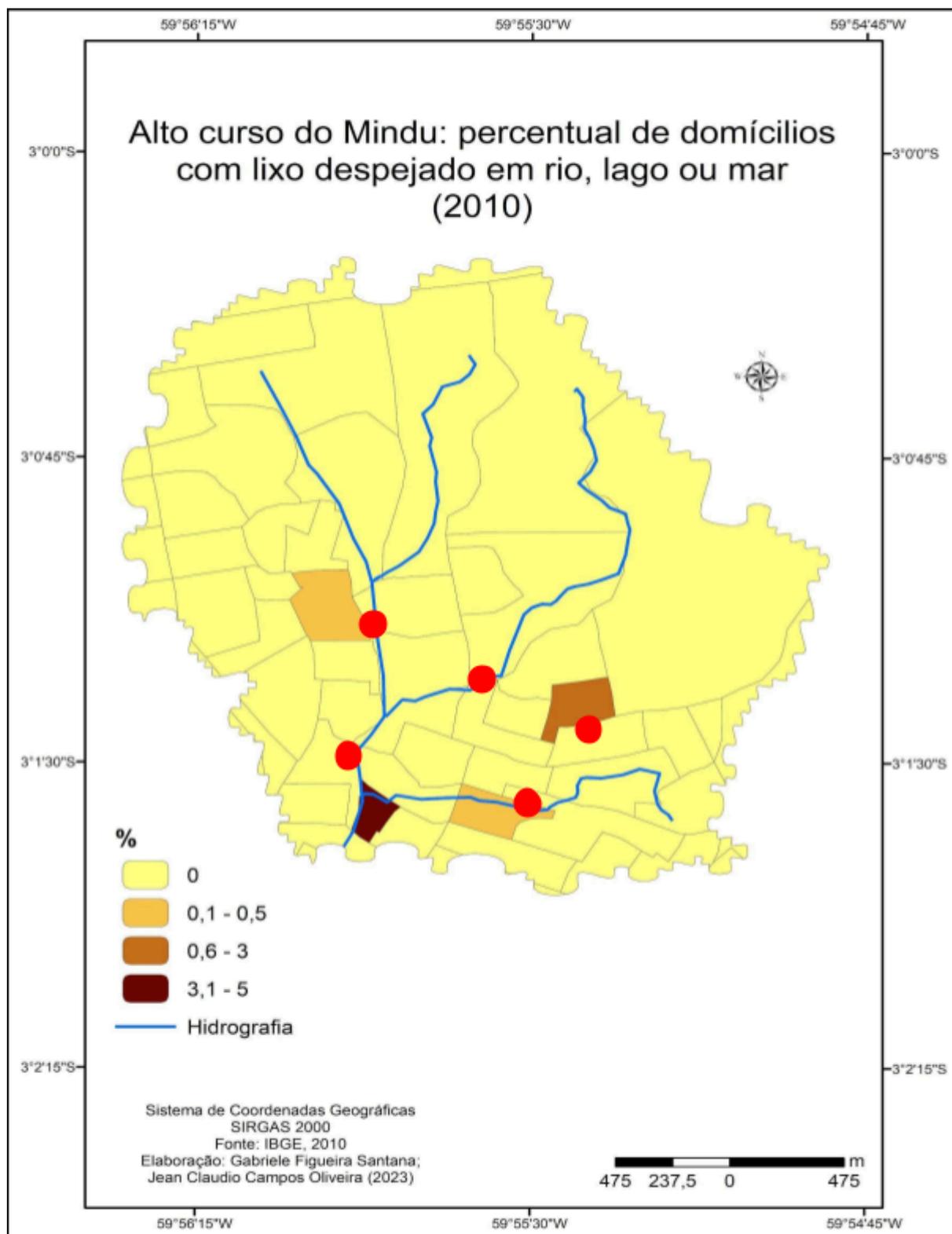
<sup>8</sup> Esses tipos de animais vivem nos lixos e se adaptaram a viver em ambientes urbanos os mais comuns são: ratos, baratas, aranhas, escorpiões, moscas e pulgas.



**Figura 39:** lixeira viciada próximo ao canal do alto curso do Mindu. Foto: Gabriele F. Santana, 2022.

#### *4.19.1 Lixo despejado em vias fluviais*

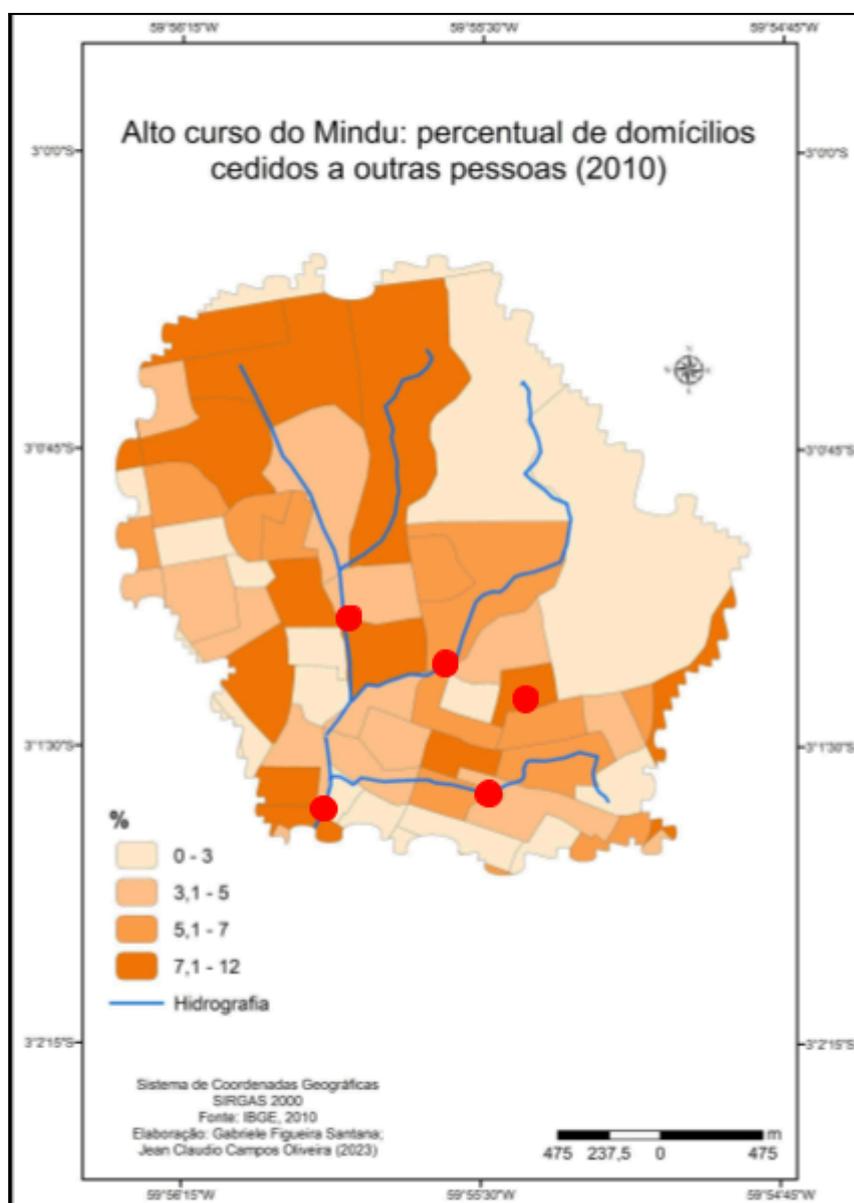
Assim como o lixo despejado em outros destinos, o despejo via lago, rio ou mar é uma variável do IBGE para quantificar o quanto é despejado nestas vias, no caso do alto curso do Mindu, mapa (06), essa variável é pequena, mas como mostrado nas figuras anteriores as ocorrências de lixeiras viciadas são recorrentes em alguns trechos e que por vezes acabam ficando próxima dos canais. Tendo em vista que a BHM é o único canal das redondezas o acúmulo de lixo nas margens desta bacia é maior.



**Mapa 06:** despejo de lixo em rio, lago ou mar.

#### 4.20.1 Domicílios cedidos

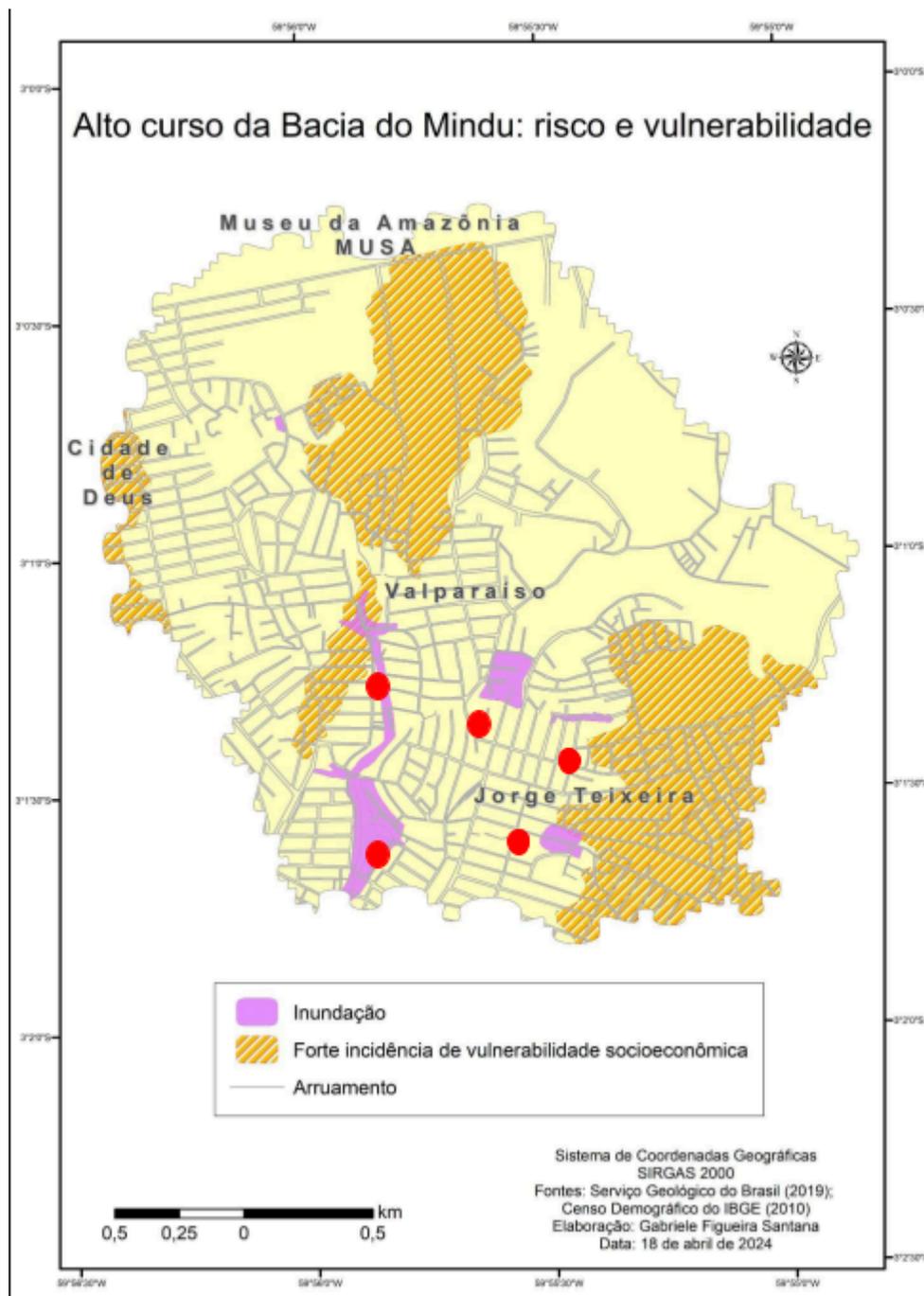
Os domicílios cedidos a outras pessoas mostram casos de indivíduos que residem nas casas, porém não são os proprietários, ou seja, estão alocados em um espaço do terreno. Essas pessoas não pagam IPTU, aluguel ou taxas de água ou luz, apenas vivem de favor em casas de parentes ou terceiros. Como exemplos, podemos citar parentes que vêm de cidades do interior para tentar a vida em Manaus, ou residências que não são usadas de forma fixa pelos proprietários e são cedidos para as casas não serem ocupadas de maneira irregular. A figura (40), mostra que esse percentual está concentrado em áreas próximas à nascente e próxima aos canais da Bacía.



**Figura 40:** domicílios cedidos a outras pessoas.

#### 4.21.1 Vulnerabilidade socioeconômica e os riscos de inundação no alto curso da bacia do Mindu

Após as coletas de dados ambiental e social, através dos recursos apresentados, foi elaborado o mapa (figura 41) 'alto curso da Bacia do Mindu: risco e vulnerabilidade' em que há o destaque para o conjunto de informações associadas sobre as áreas com maiores riscos de inundação e as maiores incidências de vulnerabilidade socioeconômica.



**Figura 41:** vulnerabilidade socioeconômica e risco de inundação no alto curso do Mindu.

Destaca-se dois dos cinco pontos onde foram mapeados os riscos de inundação e as famílias que se enquadram neste tipo de vulnerabilidade. Há um adensamento de ruas que estão muito próximas aos canais e como consequência intensa tráfego e circulação de pessoas ainda em áreas muito próximas às áreas indicadas com potencial maior a inundações como mostra a figura 41, tal relação deixa claro a falta de medidas para que esses eventos possam deixar de atingir uma parte da população do bairro Jorge Teixeira, pois é possível dimensionar a proporção que essas áreas são mais atingidas e ainda não está sendo assistida pelos órgãos competentes.

Fica registrado que as inundações ainda são recorrentes no bairro Jorge Teixeira no perímetro do alto curso, e a vulnerabilidade socioambiental ainda está atrelada a esses eventos, visto que, uma parte da população desse bairro e outra limite com o bairro Cidade de Deus e a comunidade do Valparaíso enfrentam dificuldades em períodos mais chuvosos na região.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao estudar uma bacia hidrográfica dentro de uma área urbana é preciso levar em consideração os aspectos ambientais e sociais, pois ambos acabam por moldar a trajetória desta bacia ao longo do seu percurso, é neste ponto que é preciso reconhecer as intervenções mais adequadas que devem ser realizadas.

É importante deixar esclarecido que esta é uma bacia que faz parte das 19 bacias hidrográficas na cidade de Manaus, e não uma sub bacia como vem sendo registrada ao longo do tempo. A bacia do Mindu, nasce no sentido nordeste e desagua a sudoeste, cortando a cidade com seus 20,9 km de extensão, atravessando 27 bairros desde áreas mais carentes até de classe média alta, logo a sua distribuição atinge de diferentes formas as classes da cidade, seja por meio de inundações ou para contribuir com uma área urbanística da cidade com seus corredores ecológicos. Entretanto, a relação antrópica com esta bacia, evidência que os limites definidos por lei em áreas de APP, não estão sendo cumpridos, pois a partir dos anos 2000 a 2021, o uso e ocupação do solo em torno da bacia ocorreu de maneira rápida e destrutiva para as áreas ambientais, o que acarretou nos impactos que atualmente são abordados na cidade, como inundações, deslizamentos de terra e feições erosivas.

Os valores seguintes representam do ponto de vista geomorfológico a sua dinâmica, a altimetria da BHM, é estimada entre 21 a 120 metros, sendo os pontos mais altos concentrados no alto curso e nos interflúvios nas bordas da bacia. O padrão de drenagem corresponde ao tipo dendrítico também designado como arborescente. A densidade de drenagem (Dd) é de 1,87 km/km<sup>2</sup>, o que indica baixa disponibilidade de canais para o escoamento linear das águas e materiais dendríticos. A densidade hidrográfica (Dh) foi estimada em 3,86 Km/Km<sup>2</sup> fazendo parte do conjunto de bacias que têm os menores valores de densidade hidrográfica de Manaus. Quanto a extensão do percurso superficial (EPS) o valor foi de 0,131 km de extensão, isso indica que a bacia está classificada em mediana, na qual recebe um elevado escoamento superficial interferindo na dinâmica do canal principal. A declividade da bacia foi realizada em 5 classes, plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e montanhoso, sendo a predominante suave ondulado com 52, 541 km<sup>2</sup> de extensão e cerca 50% a 60% da área da bacia.

A BHM, é compreendida como de 5ª ordem e possui 120.216 km<sup>2</sup> da sua área total e perímetro de 71.32 km. A BHM foi dividida em três regiões fisiográficas, alto, médio e baixo curso com 5%, 83% e 12% respectivamente das suas totalidades na bacia. Vale ressaltar que essa divisão das regiões fisiográficas foram feitas a partir da diferença de altitude ao longo do canal principal. Baseado nas divisões, o alto curso possui uma extensão de 2.55 km, o menor das outras regiões.

O alto curso nasce no bairro Jorge Teixeira, e faz limite com outros dois bairros: Cidade de Deus e Distrito Industrial II. O perímetro dessa área corresponde a 13,6 km e área de 5,74 km<sup>2</sup>. Em relação às inundações dessa área, estão distribuídas em pontos que tem uma relação geomorfológica, sendo em áreas de cotovelos em pontos lineares e fundos de vale, e o que acelera ainda mais esse processo, são as ações antrópicas que estão muito próximas aos canais. A CPRM monitorou onde se repete os pontos de inundação, e como forma de comprovar as análises virtuais, as visitas em campo foram essenciais, o que corroborou com os resultados da pesquisa. Dos 5 pontos disponibilizados pela Companhia, 4 correspondiam às inundações, pois um desses pontos já sofre com intervenções da prefeitura, com projeto de revitalização do canal. Porém, essa área já reformada ainda não soluciona os problemas do alto curso, pois muitas casas ainda se encontram nas margens do canal. Essas áreas são de difícil acesso, principalmente por se localizarem em becos, passagens estreitas, falta de sinalização e manutenção dos canais, risco de acidentes por queda, afinal a vegetação tomou conta e não há como identificar o limite entre solo e água. Outro fator muito importante são as vinculações de doenças por meio da água contaminada e de animais transmissores de doenças, além desses fatores a área sofre com problemas com a falta de segurança.

Do ponto de vista social, o alto curso também apresenta problemas com a população, dos 13 indicadores coletados no site do IBGE, 5 estão próximos aos 4 pontos de risco de inundação sendo elas: esgotamento sanitário via vala, esgotamento sanitário via rio lago ou mar, renda, número de moradores com até 5 pessoas e pessoas que possuem domicílios próprios.

Dos 13 indicadores 4 estão próximos a 3 pontos de riscos de inundação: distribuição de água, analfabetismo, domicílios alugados e domicílios cedidos. Outros 3 indicadores estão próximos de 1 ponto de risco de inundação: casas com distribuição de energia elétrica mas sem contador, despejo de lixo em outros

destinos, e apenas 1 indicador está nos 5 pontos de risco de inundação ou de lixo coletado. Isso implica dizer que, os serviços de coleta de lixo estão sendo realizados normalmente, porém precisa contar com o apoio da população para ser eficaz, e isso não foi constatado em trabalho de campo, com lixeiras viciadas principalmente próximo aos igarapés.

Tanto do ponto de vista ambiental quanto social, o alto e médio curso do Mindu apresentaram riscos, registrados nos mapas e nas visitas em campo. O poder público tem se feito presente em alguns pontos, em especial naquelas que tinham maior risco de inundação, alargando e canalizando as vias fluviais, contudo esta ação está sendo realizada com maior ênfase no médio curso, e os pontos monitorados pela CPRM no alto curso ainda estão sem solução. É importante destacar que o trabalho em uma bacia não pode ser feito de forma fragmentada, deixando áreas importantes como as nascentes sem acompanhamento dos órgãos competentes. Sem deixar de compreender também os lados dos moradores que estão próximos às margens e com dificuldade de acesso às principais vias, atenção para essas famílias que possuem crianças e idosos, principais vítimas da vulnerabilidade social.

Manaus é uma cidade que se encontra em pontos importante da floresta amazônica, além da proximidade com os rios e por ser cortada por vários canais fluviais de grande importância para cidade, está próximo a importantes reservas florestais e que precisa de um planejamento mais elaborado levando em consideração os critérios ambientais regidos por lei. A população manauara também precisa de melhores informações e educação a respeito do ambiente em que vive, sem o acompanhamento devido na cidade, as obras continuarão acontecendo porém sem apoio da população as intervenções não terão a real objetivo atingido.

## VI - REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas** / 8.ed. - Cotia, SP: Ateliê, 2021.

ACSELRAD, H. (2006). **Vulnerabilidade ambiental, processos e relações**. In: **II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**. Anais... IBGE, Rio de Janeiro, agosto 2016. Disponível em: [http://www.ettern.ippur.ufrj.br/central\\_download.php?hash=0807d59df256034ade11e3afb2aa036&id=16](http://www.ettern.ippur.ufrj.br/central_download.php?hash=0807d59df256034ade11e3afb2aa036&id=16) >. Acesso em 03 ago. 2022.

ACHARYA, T. D., YANG, I. Exploring Landsat 8, **International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR)** Volume 4, No. 4, April 2015. Disponível em: <[Exploring-Landsat-8.pdf \(researchgate.net\)](#)>Acesso: 30/04/2024.

AGUIAR, C.J.B., Horbe, M.A., R Filho, S.F., Lopes, E.S.,Moura, U.F., Andrade, N.M. & Diógenes, H.S., 2002, **Carta hidrogeológica da cidade de Manaus**. CPRMAM Manaus, Relatório Interno, 1-4.

AMARO, A. Consciência e cultura do risco nas organizações. **Territorium**, Coimbra, n. 12, p. 5-9, 2005.

ANA, AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, catálogos de metadados: setores censitários, 2011. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/cdb721a0-2d5d-45eb-9764-b831eb0b576e>. Acesso em: 09 de março de 2024.

AREOSA, J. (2008). **O risco no âmbito da teoria social**, Atas do VI Congresso Português de Sociologia, Mundos Sociais Saberes e Críticas (pp. 2-16). Disponível em: <<http://www.aps.pt/vicongresso/pdfs/323.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

AQUINO, A. R. et. al. Risco Ambiental. In: AQUINO, A. R; PALLETA, F. C.; ALMEIDA, J. R. (Org.) *Risco Ambiental* – São Paulo : Blucher, 2017. 134 p.

BARRETO, F. M. S. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no Município de Tianguá, Ceará**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Fortaleza.

BARBOSA, A. J. **Voçorocas e a produção de sedimentos na Bacia da Colônia Antônio Aleixo em Manaus-AM**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico**. 1972 São Paulo, Instituto de Geografia USP. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13).

BOHRER, C.B.de A. e GONÇALVES, L.M.C. **Vegetação**. In: Geografia do Brasil. Região Norte. Volume 3. Rio de Janeiro: IBGE. 1991. p.137-168.

BOTELHO, R. G. M. "Enchentes em áreas urbanas no Brasil." **Seminário A questão Ambiental Urbana: expectativas e perspectivas** (CD-ROM). Universidade de Brasília, DF. 2004.

BOTELHO, R. G. M. & SILVA, A. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. 2004 Orgs.: A. C. Vitte e A. J. T. Guerra . Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 153-192.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Lei de Crimes Ambientais. Casa Civil. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm)>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 1 : estratégia geral : portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016**. Brasília, 2016. Disponível em:<<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/arquivos-biomas/plano-nacional-de-adaptacao-a-mudanca-do-clima-pna-vol-i.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

BRAGANÇA, M. T. R., **Morfoestrutura e Morfotectônica no Noroeste de Minas Gerais: o graben holocênico do baixo Ribeirão Cotovelo e seu enquadramento na hidrogeomorfologia regional**. 2022. 251f. Tese (Doutorado - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física. São Paulo, 2022.

BRINGEL, S.R.B. **Estudos do nível de poluição nos igarapés do Quarenta e do Parque 10 de Novembro**. Manaus: Relatório técnico. CODEAMA/UTAM, 1986.

BRÜSEKE, F. J. Risco social, risco ambiental, risco individual. **Ambiente & Sociedade**. Campinas, v. 1, n. 1, p. 117-134, 1996.

BUAINAIN, A. M.; GARCIA, J. R. **O risco ambiental no século XXI**. 2016. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/310493552\\_O\\_risco\\_ambiental\\_no\\_seculo\\_XXI](https://www.researchgate.net/publication/310493552_O_risco_ambiental_no_seculo_XXI)>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

CARTIER, R.; BARCELLOS, C.; HÜBNER,C.;PORTO, M.F.Vulnerabilidade social e risco ambiental:uma abordagem metodológica para avaliação de injustiça ambiental. **Caderno de Saúde Pública**, v. 25, n. 12, p. 2695-2704. 2009.

CARVALHO, J. B. **Desmatamentos, grilagens e conflitos agrários no Amazonas**. Manaus: Valer, 2010.

CASSIANO, K. R. M. **Análise geográfica de áreas de risco na microbacia hidrográfica do igarapé do Mindú – Manaus (AM)**. 2013. Dissertação (Mestrado

em Geografia). Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

COSTA, R. C. **Áreas de Risco no Sítio Urbano de Manaus: Geossistema e Formação Social como Fundamentos de Análise**. In: II Encontro Latinoamericano de Geomorfologia, 2008, Belo Horizonte MG. Dinâmica e Diversidade de Paisagens. Belo Horizonte: UFMG, 2008. V. 1.

COSTA, R. C.; MACENA, L. S. L. A cidade como espaço do risco: estudo em bacias hidrográficas de Manaus, Amazonas – BR. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.1, n.4, p. 318–330, 2012.

COSTA, D. P., OLIVEIRA, J. A. CONJUNTOS HABITACIONAIS E A EXPANSÃO URBANA DE MANAUS. Filigramas do processo de construção urbana e o papel das políticas habitacionais. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, vol. 6, núm. 11, 2007, pp. 33-47. Disponível em <<https://www.redalyc.org/pdf/2736/273620627005.pdf>> Acesso em: 09 de março de 2024.

COLAVITE, A. P., PASSOS, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1547 – 1559, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2212/2086>. Acesso em: 09 de março de 2024.

CUNHA, L., CERYNO, P., & LEIRAS, A. Social Supply Chain Risk Management: a taxonomy, a framework and a research agenda. **Journal of Cleaner Production**. Vol 220 pp. 1101 – 1110, 2019.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, RJ. 2000. Cap. 7, p.337-379.

CLETO FILHO, S. E.; WALKER, I. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM - Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 1, p. 68-89, 2001.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Relatório para estabelecimento de cotas de referência para alerta hidrológico em Municípios da Amazônia Ocidental**. Manaus, 2021. 40 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas**. Rev. Geomorfol, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 149p.

D'AVILA JUNIOR, J. C. M. ; VIEIRA, A. F. S. G. Padrões pluviométricos da cidade de Manaus-AM: 1986 a 2015. *Revista Boletim Paulista de Geografia*, v. 2, p. 1-31, 2019.

DAGNINO, R. S.; CARPI JUNIOR, S. Risco Ambiental: conceitos e aplicações. **Climatologia e Estudos da Paisagem**. Rio Claro, v. 2, n. 2, p. 50-87, 2007.

DINIZ, F. S. RUEDA, J. R. J., CARACRISTI, I. Estudo fisiográfico da região norte do estado do CE (Rio Acaraú). **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.298-302, 2014. (ISSN 2237-1419). Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1565/1453>.

Acesso: 09 de março de 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos - classes de declividade**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FACCI, L. D. **Variáveis microbiológicas como indicadoras da qualidade do solo sob diferentes usos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônomo, Campinas.

FARIAS, T.Q. **A edificação urbana à margem de rios e de outros reservatórios de água em face do Código Florestal**. Fórum de Direito Urbano e Ambiental, Belo Horizonte, ano 2, n. 10, p. 959-967. 2003.

FERNANDES, E. **Regularização de Assentamentos Informais na América Latina**. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy, 2011. 56p.

FIGUEIRÊDO, M.C.B. et. al. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, 49 p., 2010.

FORTES, M. R. Planejamento ambiental urbano em microbacia hidrográfica: uma introdução ao tema. *In*: REBELLO, A. (org.). **Contribuições Teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: EDUA, 2010, pp. 193-219.

FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. *In*: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia: conceitos e Tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, pp. 12-25.

FROTA FILHO, A. B. **Análise da vulnerabilidade erosiva da bacia Colônia Antônio Aleixo, Manaus-AM**. 2016. 195 p. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

GALLOPIN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v. 16, n.3, p. 293-303, 2006.

GARCIA, J.F.A. Vulnerabilidad ambiental y vulnerabilidad climática. **REVISTA CATALANA DE DRET AMBIENTAL** Vol. 10 Núm. 1, p. 1-46, 2019.

GUERRA, A. J. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2018.

GOERL, R. F.; KOBAYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta Metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudos de caso do município de rio Negrinho - SC. **Boletim Geográfico**. Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012 81.

HERCULANO S. Riscos e desigualdade social: a temática da Justiça Ambiental e sua construção no Brasil. In: **I Encontro da ANPPAS – GT Teoria e Ambiente** [CD-ROM]. São Paulo: Associação Nacional de Pós-graduação em Ambiente e Sociedade; 2002.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basin: Hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soc America Bulletin**, v.3, n.56, 1945.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

\_\_\_\_\_. **Cidades e Estados: Manaus**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/am/manaus.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

\_\_\_\_\_. Favelas e Comunidades Urbanas: IBGE muda denominação dos aglomerados subnormais. Agência IBGE notícias. Disponível em: <[Favelas e Comunidades Urbanas: IBGE muda denominação dos aglomerados subnormais | Agência de Notícias](#)>. Acesso em: 30/04/2024.

IGREJA, H. L. S. **Aspectos do modelo neotectônico da Placa Sul-Americana na Província Estrutural Amazônica, Brasil**. Tese referente ao concurso de Professor Titular. Manaus: UFAM – Departamento de Geologia. 151 p. 2000.

JACOBI, P. Dilemas socioambientais na gestão metropolitana: do risco à busca da sustentabilidade urbana. **Política & Trabalho**, João Pessoa: UFPB, Mestrado em Ciências Sociais, n.25, p.115-134, out. 2006.

JORGE, M. C. O. Geomorfologia Urbana: Conceitos, Metodologias e Teorias, in: GUERRA, A. J. T. (org.) **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 280p.

\_\_\_\_\_. A bacia hidrográfica: compreendendo o rio para entender a dinâmica das enchentes e inundações. In: CARDOSO, C.; SILVA, M. S.; GUERRA, A. J. T. (org.) **Geografia e os riscos socioambientais**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020, pp.25-43.

LEAL, A. E. **Caracterização Geomorfológica e análise da ocupação urbana da Sub-bacia do Educandos, Manaus-Amazonas**. Dissertação de Mestrado em Geociências - Geologia Ambiental - Universidade Federal do Amazonas. 109f. 2018.

LEAL, P. C. **Caracterização e interpretações genéticas de alguns solos da região de Manaus-AM**. Ciências do Solo. Recife-PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco. 109 p. 1996.

LEMOS, L. S. C., COSTA, R. C. C. Bacias Hidrográficas de Manaus (2005-2015). In: COSTA, R. C. C. **Riscos, Fragilidades e Problemas Ambientais Urbanos em Manaus**. 1ed. - Manaus: Editora INPA, 2017.189p.

LEPSCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

LIMA, L. C.; MORAIS, J. O.; SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: UNECE, 2000.

LIMA E SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para a avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 1999. p. 217 - 261.

LOHANI, Bindu N. et al. **Environmental impact assessment for developing countries in Asia**: Volume 1-overview. 1997.

LOUREIRO, R. S. D. et. al. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. esp., 83-94, 2014.

MARCUZZO, F. F. N.; OLIVEIRA, N. DE L. ; CARDOSO, M.R.D. ; TSCHIEDEL, A. F. **Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Paraíba**. In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2012, João Pessoa. Anais do XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre: ABRH, 2012. v. 1. p. 1-20.

MANAUS. **Lei nº 605, de 24 de julho de 2001**. Código Ambiental do Município de Manaus. Disponível em: <[https://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei605\\_codigo\\_ambiental1.pdf](https://semmas.manaus.am.gov.br/wp-content/uploads/2010/10/lei605_codigo_ambiental1.pdf)>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

MANTOVANI, W.; SANTOS, R. F. Vegetação, Vulnerabilidade e Qualidade Ambiental. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília: MMA, 2007, p. 143-164.

MAPBIOMAS. **Coleção 6**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/produtos>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

MENDONÇA, F. A. Diagnóstico ambiental de microbacias hidrográficas: proposições metodológicas. In: **Encuentro de Geografía de América Latina**. 1993, Mérida, Venezuela. Anais. Mérida: Universidad de Los Andes, 1993.pp. 301-15.

MESQUITA, O. **La Belle Vitrine: Manaus entre dois tempos (1890-1900)**. Manaus: EDUA, 2009.

METZGER, M. J.; ROUNSEVELL, M. D. A.; ACOSTA-MICHLIK, L.; LEEMANS, R.; SCHOTER, D. The vulnerability of ecosystems services to land use change. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 114, n. 1, p. 69-85, 2006.

PENNINGTON, D. R. L. . Manaus e Liverpool : Uma ponte marítima centenária. 1. ed. Manaus: **Editora da Universidade Federal do Amazonas**, 2009. v. 2000. 318p.

PETERSEN, J. F.; SACK, D.; GABLER, R. E. **Fundamentos de geografia física**. São Paulo: Cengage Learning, 2014

PINHEIRO, E. S.; MARQUES, J.P.C. ; KUX, Hermann Johann Heinrich . Modelo linear de mistura espectral e métricas da paisagem aplicados ao estudo do desflorestamento em Manaus, Amazonas. In: **XVI SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2013, Foz do Iguaçu. Anais XVI SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013. p. 4177-4184.

PINE, J. C. **Natural Hazard Analysis: Reducing the impact of disasters**. Florida: Taylor & Francis Group, 2008. 314p.

PINHEIRO, A. Enchente e Inundação. In: SANTOS, R. F. (Org.) **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?**. Brasília: MMA, 2007, p. 95-106. Disponível em: <<https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

QUEIROZ, M. S.; BATISTA, S. P. M.; ALVES, N. S. Análise Hidrológica do Igarapé do Mindú, Manaus, Amazonas, Brasil. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**. v. 22, n. 3, p. 57-31, 2020. Disponível em: <<https://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/704/583>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

QUEIROZ, M. S.: ALVES, N. S. Análise Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Mindu – Manaus – Amazonas. **GEOPAUTA**, vol. 4, núm. 2, pp. 109-123, 2020 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5743/574363604006/html/> .acesso em: 09 de março de 2024.

RAIGOZA, D.; MARENGO, J. A. Generalidades sobre a avaliação da vulnerabilidade e do risco frente à mudança climática. **Fundo de Oportunidades Globais - Mudanças Climáticas e Programas de Energia: Boletim nº 5**. 2007. Disponível em: <[http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Newsletter\\_No5\\_Port.pdf](http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/newsletters/Newsletter_No5_Port.pdf)>. Acesso em 15 de novembro de 2022.

REBELO, F. **Riscos Naturais e Ação Antrópica Estudos e Reflexões**. 2ª ed. Coimbra. Imprensa da Universidade de Coimbra. 2003, 291p.

REBELO, F.. **Geografia física e riscos naturais**. Imprensa da Universidade de Coimbra/Coimbra University Press, 2010.

ROSS, J. **Geografia do Brasil**. 4 Ed. São Paulo: Edusp, 2003.

SAID, M. R. B. **A efetividade da legislação ambiental em áreas de preservação permanente no meio urbano de Manaus**. 2009. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

SANTANA, G.F. **Análise dos padrões térmicos da cidade de Manaus-AM no período de 1986 a 2015**. 2017. 173 f. Relatório de Pesquisa. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?** 2<sup>a</sup> ed. Brasília: MMA, 2007, 197p. Disponível em: <<https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/vulnerabilidade-ambiental-desastres-naturais-ou-fenomenos-induzidos.pdf>>. Acesso em: 15 de novembro de 2022.

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SEDEC **Glossário de Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres**. Org. CASTRO, A. L. C. Esplanada dos Ministérios, 1998.

SENA, J. P. O.; MORAES NETO, J. M.; LUCENA, D.B. Vulnerabilidade Socioambiental no Semiárido Paraibano. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**. v.9, n.6 (2019), pp. 387-396. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/340267936\\_Vulnerabilidade\\_Socioambiental\\_no\\_Semiárido\\_Paraibano](https://www.researchgate.net/publication/340267936_Vulnerabilidade_Socioambiental_no_Semiárido_Paraibano). Acesso: 15/11/2022.

SILVA, A. V. Juventudes Contemporâneas entre o Urbano e o Rural: aproximações e diferenças vulnerabilidade social e suas consequências - o contexto educacional da juventude na região metropolitana de Natal. In: **Encontro de ciências sociais do Norte Nordeste**. UFAL, Maceió, Alagoas. 2007.

SILVA, C. L. **Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências**. 2005. 309 f. Tese (Doutorado em Geologia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2005.

SILVA, K. E.; SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Dinâmica florestal, estoque de carbono e fitossociologia de uma floresta densa de terra-firme na Amazônia Central. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 193-201, mar-2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1016281/1/cap19.pdf>. Acesso: 01/11/2022.

SIMAS, J. L. **Análise morfoestrutural da região da cidade de Manaus (AM)**. 108f. Dissertação de (Mestrado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.

BARBOSA, M. E. F.; FURRIER, M. Influência Neotectônica Identificada Através de Dados Morfométricos e de Produtos Cartográficos na Bacia Hidrográfica do Rio Gurujá (PB), Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** 01 (2011) 215-228.

SOTCHAVA, V. B. (1977) **O estudo de Geossistemas**. São Paulo, Instituto de Geografia USP. 51 p.

SOUZA, F. A., RODRIGUES, S. C. Aspectos morfométricos como subsídio ao estudo da condutividade hidráulica e suscetibilidade erosiva dos solos. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 25, p. 141 a 151, June 2012. ISSN 1984-2201. Disponível em: : <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/588>>. Acesso em: 09 mar. 2024.

SUGUIU, K. BIGARELLA, J.J. **Ambientes fluviais**. Florianópolis. Ed. da UFSC, 1990

SCHUMM, S. A. **The evolution of drainage systems and slopes in badlands at PerthAmboi, New Jersey**. Bulletin of the Geological Society of America. v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Bulletin Geological Society of America**. 63: 1117-1142, 1952.

TUCCI, C. E. M. Inundações urbanas. **Porto Alegre: ABRH/Rhama**, v. 11, 2007.

TRENTIN, R.; DIAS, D. F. Estudos de áreas de risco: o caso de Cachoeira do Sul /RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, vol. 41, pp. 294-311, 2013. Disponível em: em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/40775>. Acesso em 15/02/2022.

TRAN, L. T.; KNIGHT, C. G; O'NEILL R.; SMITH, E. R.; RIITTERS, K. H; WICKHAM, J. Environmental assessment: fuzzy decision analysis for integrated environmental vulnerability assessment of the mid-Atlantic region. **Environmental Management**. New York, vol. 29, No. 6, pp. 845– 859, 2002. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/11378582\\_Fuzzy\\_Decision\\_Analysis\\_for\\_Integrated\\_Environmental\\_Vulnerability\\_Assessment\\_of\\_the\\_Mid-Atlantic\\_Region\\_1](https://www.researchgate.net/publication/11378582_Fuzzy_Decision_Analysis_for_Integrated_Environmental_Vulnerability_Assessment_of_the_Mid-Atlantic_Region_1) . Acesso em 15/02/2022.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE – Diretoria Técnica – SUPREN, 1977. 97p.

VEYRET, I. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 1ª ed. reimpressão, São Paulo: Contexto, 2007. 332p.

VIEIRA, A. F. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em Manaus-AM: principais fatores controladores e impactos urbano-ambientais**. 2008. 310f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2008.

VILLA, F.; McLEOD. H. Environmental vulnerability indicators for environmental planning and decision-making: guidelines and applications. **Environmental Management**, v. 29, n. 3, p. 335-348, 2002.

ZIELINSKI, J. **Watershed vulnerability analysis**. Center for Watershed Protection. 2002. Disponível em: <<http://www.cwp.org>>. Acesso em: 22/08 2022.