

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA NORMAL SUPERIOR  
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

**RISCOS HIDROLÓGICOS E EVENTOS EXTREMOS NA ÁREA  
URBANA DO MUNICÍPIO DE MANACAPURU – AM**

**ANA CAROLINA GOMES CORREA**

**MANAUS - AM**

**2022**

**ANA CAROLINA GOMES CORREA**

**RISCOS HIDROLÓGICOS E EVENTOS EXTREMOS NA ÁREA  
URBANA DO MUNICÍPIO DE MANACAPURU - AM**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em  
Licenciatura em Geografia da Universidade do Estado  
do Amazonas, para obtenção do título de Licenciado  
em Geografia

Orientador (a): Profa. Dra. Neliane de Sousa Alves

**MANAUS – AM**

**2022**

### **Ficha Catalográfica**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

C824r    Correa, Ana Carolina Gomes  
          Riscos Hidrológicos e Eventos Extremos na Área Urbana  
          do Município de Manacapuru - AM / Ana Carolina Gomes  
          Correa. Manaus : [s.n], 2022.  
          64 f.: color.; 30 cm.

          TCC - Graduação em Geografia - Licenciatura -  
          Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.  
          Inclui bibliografia  
          Orientador: Neliane de Sousa Alves

          1. Enchentes . 2. Inundações . 3. Vulnerabilidade. 4.  
          Risco. I. Neliane de Sousa Alves (Orient.). II.  
          Universidade do Estado do Amazonas. III. Riscos  
          Hidrológicos e Eventos Extremos na Área Urbana do  
          Município de Manacapuru - AM

**ANA CAROLINA GOMES CORREA**

**RISCOS HIDROLÓGICOS E EVENTOS EXTREMOS NA ÁREA  
URBANA DO MUNICÍPIO DE MANACAPURU – AM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade do Estado do Amazonas para a obtenção do título de licenciada em Geografia

**BANCA EXAMINADORA**

---

Presidente: Prof<sup>a</sup> Dra. Neliane de Sousa Alves

---

1º avaliador: Prof<sup>o</sup> Dr. Flávio Wachholz

---

2º avaliador: Ms. Izaías Nascimento dos Santos

Manaus, 23 de maio de 2022

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que por inúmeras vezes me deu forças para continuar e não desistir no meio do percurso, bem como por estar sempre à frente das minhas decisões, atitudes e me guiar para o melhor caminho.

Ao imenso apoio da minha família, que sempre esteve ao meu lado, me ajudando, incentivando e comemorando cada vitória comigo. Em especial à minha mãe, Dona Fran, a qual em momento algum me deixou desistir, nem mesmo nos piores instantes onde eu não conseguia ter forças para continuar, me fazia com poucas palavras querer continuar.

À minha querida e amada orientadora, amiga, mãe, Dra. Neliane de Sousa Alves, que desde o início da minha graduação esteve ao meu lado me mostrando a melhor parte da Geografia — sim, a Geografia Física — e que também me concedeu a oportunidade de iniciar um trabalho incrível ao seu lado com o Programa de Apoio à Iniciação Científica — PAIC, da mesma forma que agora, com o Trabalho de Conclusão de Curso — TCC, serei eternamente grata por todos os ensinamentos e conhecimentos compartilhados comigo ao longo desses quatro anos.

Aos meus amigos de turma, que desde 2018 me acompanharam nessa batalha diária que é a universidade, sempre trazendo um toque divertido às aulas e as vivências dentro das instalações da UEA. Aqui deixo meus mais sinceros agradecimentos ao Rewbisten Porfiro, Gabriel Vinicius de Barros Lima, Ramon Soares Paixão, Romário Almeida Henrique, e em especial, ao Filipe de Araújo Oliveira, o qual esteve ao meu lado em todos os momentos durante esses anos de graduação. Obrigada também às minhas amigas Ilma Farias e Maria Mayara, que mesmo em pouco tempo se tornaram pessoas de grande importância na minha vida.

Às minhas incríveis amigas veteranas, Hellyzabeth Barros e Kemyla Andrade, que me adotaram e ajudaram diversas vezes nessa realidade caótica que é estar em uma universidade, assim como nessa etapa final, conquistando um lugar muito importante e necessário na minha vida.

E, não menos importante, gostaria de agradecer a mim mesma por ter aguentado viver tudo isso e aproveitado ao máximo.

## RESUMO

Um fenômeno natural, quando associado à intensa atividade antrópica, pode ocasionar danos materiais, sociais e ambientais à população, passando a ser denominado como um desastre natural. Os riscos hidrológicos são consequência da dinâmica hidrológica e atmosférica da região, os quais podem ser classificados como enchentes, inundações, secas, entre outros. Em consequência ao acelerado processo de urbanização e crescimento populacional do município de Manacapuru – AM, estes fenômenos estão cada vez mais frequentes e danosos aos que ali habitam, em específico àqueles com baixo poder aquisitivo que residem em áreas de risco, como nas planícies de inundação. Partindo do pressuposto, o trabalho teve como objetivo principal realizar o diagnóstico e mapeamento das áreas de risco de enchentes na área urbana do município de Manacapuru (AM), correlacionando à fragilidade ambiental e a vulnerabilidade social. Para isto, foi realizada uma análise comparativa entre as quatro cheias históricas do Rio Solimões e a caracterização da magnitude dos eventos hidrológicos; além da mensuração do índice de vulnerabilidade social da população, por meio de dados demográficos coletados no censo de 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística — IBGE, dispostos dentro da unidade territorial dos limites censitários da área; e, por fim, a determinação e mapeamento do risco, obtido pelo resultado da relação entre a vulnerabilidade e as áreas inundadas dos setores, permitindo a produção da Carta de Zoneamento do Risco Hidrológico na área urbana de Manacapuru. Os resultados obtidos referentes ao Índice de Vulnerabilidade (IV) indicam que 13 (treze) setores censitários possuem baixo IV, 13 (treze) setores médios, 22 (vinte e dois) expõem alto IV e 9 (nove) apresentam um IV muito alto, os quais estão distribuídos nos bairros Centro, Liberdade, São José, Correnteza e União. Já os bairros que sofrem anualmente com as cheias do Rio Solimões, e consequentemente apontam um risco maior de serem afetados por este fenômeno, são: União, São José, Terra Preta, Liberdade, Aparecida e Correnteza, destacando a relação direta entre o Índice de Vulnerabilidade e o Índice do Risco na área urbana do município de Manacapuru – AM.

**Palavras Chaves:** Enchentes. Inundações. Vulnerabilidade. Risco.

## ABSTRACT

A natural phenomenon, when associated with intense human activity, can cause material, social, and environmental damage to the population, becoming known as a natural disaster. Hydrological risks are a consequence of the hydrological and atmospheric dynamics of the area, and can be classified as floods, inundations, droughts, among others. As a result of the accelerated process of urbanization and population growth in the municipality of Manacapuru - AM, these phenomena are increasingly frequent and more damaging to the population, specifically to those with low purchasing power, who live in areas of risk, in floodplains. Based on the assumption, the work had as its main objective to perform the diagnosis and mapping of areas at risk of flooding in the urban area of the municipality of Manacapuru - AM, correlating the environmental fragility and social vulnerability. For this, a comparative analysis between the 4 historical floods of the Solimões River and the characterization of the magnitude of hydrological events was performed; besides the measurement of the social vulnerability index of the population through demographic data collected in the 2010 census by IBGE, arranged within the territorial unit of the census boundaries of the area; and finally, the determination and mapping of risk, obtained by the result of the relationship between vulnerability and flooded areas of the sectors, allowing the production of the Zoning Chart of Hydrological Risk in the urban area of Manacapuru. The results obtained indicate that 13 census sectors have low Vulnerability Index (VI), 13 sectors medium, 22 have high VI and 9 sectors have a very high VI, these are distributed in the neighborhoods Centro, Liberdade, São José, Correnteza and União. The neighborhoods that suffer annually with the floods of the Solimões River and consequently present a greater risk of being affected by this phenomenon are Union, São José, Terra Preta, Liberdade, Aparecida and Correnteza, highlighting the direct relationship between the Vulnerability Index and the Risk Index in the urban area of Manacapuru – AM

**KeyWords:** Floods. Inundations. Vulnerability. Risk.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Perfil esquemático do processo de enchente e inundação .....	15
<b>Figura 2:</b> Leito menor e leito de inundação .....	16
<b>Figura 3:</b> Série Temporal entre População e Número de Mortes por desastres naturais .....	20
<b>Figura 4:</b> Origem dos Desastres Naturais .....	22
<b>Figura 5:</b> Município de Manacapuru/AM.....	31
<b>Figura 6:</b> RMM - Região Metropolitana de Manaus.....	32
<b>Figura 7:</b> Mapa geológico.....	33
<b>Figura 8:</b> Seção geológica E-W (esquemática) da compartimentação da região de Cacao – Pirêra a Manacapuru.....	34
<b>Figura 9:</b> Identificação da hidrografia principal da sub bacia do Rio Solimões.....	35
<b>Figura 10:</b> Área Urbana de Manacapuru .....	37
<b>Figura 11:</b> Dados brutos da planilha geral.....	41
<b>Figura 12:</b> Planilha filtrada.....	42
<b>Figura 13:</b> ARP's .....	44
<b>Figura 14:</b> Satélite ALOS PALSAR 2.....	45
<b>Figura 15:</b> Cotograma (4 maiores cheias).....	47
<b>Figura 16:</b> Níveis de Referência .....	48
<b>Figura 17:</b> Mapa do IV.....	50
<b>Figura 18:</b> Registros da Cheia de 2021 .....	51
<b>Figura 19:</b> Áreas centrais do município .....	52
<b>Figura 20:</b> Registros da cheia de 2022.....	53
<b>Figura 21:</b> Mapa das áreas que apresentam perigo de enchentes e inundações ....	54
<b>Figura 22:</b> Carta de Zoneamento do Risco Hidrológico de Manacapuru .....	55



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Diversas definições sobre inundações graduais .....	17
<b>Quadro 2:</b> Definições sobre inundações bruscas .....	17
<b>Quadro 3:</b> Classificação dos desastres em relação à intensidade .....	21
<b>Quadro 4:</b> Tipos de desastres em relação à evolução .....	21
<b>Quadro 5:</b> Definições de vulnerabilidade.....	24
<b>Quadro 6:</b> Algumas definições acerca do Perigo .....	26
<b>Quadro 7:</b> Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade social .....	38
<b>Quadro 8:</b> Quatro maiores cheias do rio Solimões.....	46
<b>Quadro 9:</b> Classificação do IV .....	48

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas e Saneamento
<b>ARP</b>	Aeronave Remotamente Pilotada
<b>CPRM</b>	Serviço Geológico Brasileiro
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IV</b>	Índice de Vulnerabilidade
<b>IDHM</b>	Índice de Desenvolvimento Humano
<b>IPT</b>	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
<b>ISDR</b>	International Strategy for Disaster Reduction
<b>IV</b>	Índice de Vulnerabilidade
<b>JAROS</b>	Japan Resources Observation System Organization
<b>JAXA</b>	Japan Aerospace Exploration Agency
<b>MIN</b>	Ministério das Cidades
<b>MMM</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>PALSAR</b>	Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar
<b>PNUD</b>	Programa Nacional para o Desenvolvimento
<b>RMM</b>	Região Metropolitana de Manaus
<b>SEMA</b>	Secretaria de Estado do Meio Ambiente – AM
<b>SIG</b>	Sistema de Informação Geográfica
<b>UN</b>	United Nations
<b>UNDP</b>	United Nation Development

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Riscos hidrológicos .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2. Eventos extremos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Desastres naturais .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4. Gestão de desastres: vulnerabilidade, risco e perigo .....</b>	<b>22</b>
2.4.1. Vulnerabilidade	22
2.4.2. Perigos Naturais	25
2.4.3. Risco	27
<b>2.5. Geoprocessamento.....</b>	<b>28</b>
<b>2.6. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundação.....</b>	<b>29</b>
<b>3. MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1. Método .....</b>	<b>30</b>
<b>3.2. Caracterização da área de estudo .....</b>	<b>30</b>
3.2.1. Geologia e Geomorfologia	32
3.2.2. Rio Solimões	34
<b>3.3. Procedimentos metodológicos .....</b>	<b>36</b>
3.3.1. Cálculo do Índice de Vulnerabilidade	36
3.3.2. Análise comparativa das cheias	40
3.3.2.1. Sistematização dos Dados	40
3.3.2.2. Filtragem	41
3.3.2.3. Cotograma	42
3.3.3. Níveis de Referência	43
3.3.4. Mapeamento das Áreas Inundadas – 2021 e 2022	43
3.3.5. Áreas suscetíveis a inundação	44
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>4.1. Maiores cheias .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2. Níveis de Referencia .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3. Índice de Vulnerabilidade .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4. Mapeamento das áreas inundadas – 2021 e 2022 .....</b>	<b>50</b>

4.5. Mapa das áreas suscetíveis a inundação .....	53
4.6. Índice de risco .....	54
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	56
REFERÊNCIAS.....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A intensificação da ocorrência de desastres naturais no Brasil nas últimas décadas se tornou assunto de grande relevância nas esferas públicas, econômicas, sociais e científicas. Os eventos de caráter hidrometeorológicos são a principal causa de desastres como deslizamento, movimento de massa, enchentes e também das inundações urbanas que, de acordo com a *United Nations* – UN (2004), são responsáveis por um terço dos danos e prejuízos causados em relação aos demais desastres naturais, bem como responsáveis por dois terços de pessoas afetadas em decorrência da situação.

Os fenômenos naturais são, em sua maioria, incontroláveis e ocorrem independentemente da presença do homem na região atingida. Contudo, essa presença gera uma influência direta nas consequências que tais fenômenos causam no ambiente. O crescimento populacional, resultante dos avanços da tecnologia e da industrialização, possibilitam o aumento significativo nos danos causados pela relação homem-natureza, onde não coexistindo em harmonia, geram efeitos adversos à população e ao meio ambiente.

A ausência de planejamento dos núcleos urbanos tem como uma das principais consequências o acelerado processo de reorganização do espaço urbano-regional, o qual está diretamente ligado ao fenômeno de ocupação desordenada, por exemplo, o município de Manacapuru – AM, intensificando o que é compreendido sobre o risco, tendo a sua formação como consequência da interação entre o homem e a natureza e também pela ocupação de áreas marginais aos cursos d'água, que dentro dos riscos hidrológicos são configurados como planície de inundação.

Para Christofletti (1980) as planícies de inundação são áreas formadas pelos aluviões e por materiais variados depositados no canal fluvial ou fora dele, tendo como característica durante a vazante o escoamento de parte da carga dendrítica com o progressivo abaixamento do nível das águas. Durante a cheia, há elevação do nível das águas, que diversas vezes acaba transbordando sobre as margens e inundando as áreas baixas marginais.

Na Geografia, o risco está relacionado a uma situação futura, pois determinado ambiente só é considerado de risco ao apresentar características que possam vir a prejudicar de maneira social, econômica e ambiental os residentes da área. O risco em si não está diretamente ligado ou se constitui em um desastre, mas sim em um fator que propicia a eminência do mesmo (KUHNNEN, 2009), dessa maneira, como expõe Veyret (2007), só se pode falar de risco quando há o encontro entre um perigo potencial e alvos mais ou menos vulneráveis.

Com o início da construção em 2007 e a sua inauguração em 2011, a Ponte Jornalista Phelippe Daou foi um dos maiores precursores para o crescimento e avanço dos municípios de Iranduba e Manacapuru, acarretando uma série de mudanças na dinâmica espacial do território dessas áreas e contribuindo para o crescimento dessas zonas urbanas.

À medida que essas zonas urbanas são expandidas as populações buscam novas áreas para residir, no entanto, parte desses residentes não possuem poder aquisitivo suficiente para garantir uma moradia em áreas centrais, o que intensifica o avanço da ocupação de áreas ambientalmente mais vulneráveis da região, aumentando assim as chances de sofrerem perdas ocasionadas por desastres naturais em diversas escalas.

Estudos sobre a mensuração do risco de enchentes e vulnerabilidade socioambiental dos municípios do Estado do Amazonas caracterizam-se como medidas urgentes e importantes, visto que todos os anos grande parte da população sofre com perdas irreversíveis ao serem expostas aos fatores condicionantes do risco. No ano de 2021, após a cheia histórica dos rios que banham a Região Metropolitana de Manaus, constatou-se a necessidade de atenção e produção de estudos e estimativa acerca das áreas que estão suscetíveis às enchentes e inundações urbanas. No entanto, esse problema não é atual, uma vez que há anos alguns municípios da região sofrem com esses desastres.

Em linhas gerais, o município de Manacapuru faz parte da porção central do Estado do Amazonas e está localizado a 84 quilômetros ao sul da capital do referido estado, em uma região coberta por terraços fluviais e depósitos recentes, além de ser banhada pelo Rio Solimões, que apresenta uma diferença anual de cota máxima entre

cheia e vazante, de 15,75 metros, com suas duas maiores cheias registradas nos anos de 2012 e 2021, de 20,68 cm e 20,86 cm, respectivamente.

Segundo Tucci (2003) os impactos das inundações urbanas podem ocorrer devido à urbanização ou inundação natural da várzea ribeirinha. Entretanto, muitas cidades afetadas por este tipo de fenômeno não possuem ou desenvolvem estudos para a detecção das áreas de risco iminente. Cidades essas que, assim como Manacapuru, não contemplam em seu Plano Diretor a delimitação de áreas e restrições de ocupação.

Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo geral realizar o diagnóstico e mapeamento das áreas de risco de enchentes no âmbito urbano do município de Manacapuru (AM), correlacionando a fragilidade ambiental e a vulnerabilidade social. Assim, foi realizado uma análise comparativa entre as 4 (quatro) cheias históricas do Rio Solimões e a caracterização da magnitude dos eventos hidrológicos; a estimação da vulnerabilidade social da população; e a determinação e mapeamento do risco, produzindo uma Carta de Zoneamento do Risco Hidrológico na área urbana do município supracitado.

A estrutura do trabalho compreende os seguintes capítulos: o Capítulo I é a introdução, onde é apresentado os conceitos-chave, a justificativa e objetivo do trabalho; no Capítulo II há a presença do referencial teórico, onde é exposto uma revisão bibliográfica dos conteúdos que embasam a pesquisa; o Capítulo III contempla o método da pesquisa e todos os procedimentos metodológicos e materiais utilizados na pesquisa, detalhando cada processo antes e depois da obtenção dos resultados, seu processo de tratamento e tabulação, assim como equipamentos e *softwares* utilizados para a construção do produto.

Ainda no Capítulo III é exibido a caracterização da área de estudo, mostrando informações sobre suas características geológicas e geomorfológicas. O capítulo IV consiste na apresentação dos resultados obtidos a partir dos procedimentos citados no capítulo anterior. Já no Capítulo V é retratado a conclusão final e algumas considerações, realizadas a partir de todos os resultados obtidos. Por fim, os anexos, referências, apêndice, entre outros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A base teórica da pesquisa se embasa em estudos e conceitos propostos pelos principais autores que trabalham com a temática abordada, tais como algumas investigações realizadas pela ISDR (2004), UNDP (2004), MMM (2007), entre outros. Os conceitos abordados estão fundamentados a partir de pesquisas realizadas por Christofolletti (1980), Kobiyama (2006), Tucci (2007), Guerra (2008), Goerl et al. (2012).

### 2.1. Riscos hidrológicos

As inundações urbanas, acontecimentos antigos que antecedem até mesmo as cidades, são eventos que podem ocorrer devido à dinâmica natural das águas superficiais. Para Castro (2003), a inundação é o transbordamento de água da calha de um determinado rio, lago ou açude devido a drenagem deficiente da área e pode ser intensificada pela produção do espaço feito pelo homem ao longo desse curso, podendo ser decorrente da impermeabilização do solo ou pelo desvio de determinado canal.

Assim, são fenômenos naturais que ocorrem quando:

[...] as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza para moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros (TUCCI, 2003, p.45).

No Brasil, atingem em sua maioria as populações de baixa renda que moram em áreas com alta probabilidade de serem atingidas por desastres naturais. Parkinson et al. (2003) afirmam que existe uma segregação social no Brasil e conseqüentemente da infraestrutura nas cidades, onde a população de baixa renda têm pouco acesso às necessidades básicas que devem ser disponibilizadas para todos os habitantes de uma região, como saneamento básico, rede de tratamento de esgoto, entre outros, e a ausência dessas estruturas também possibilitam a intensificação dos fenômenos das inundações (figura 1).



**Figura 1:** Perfil esquemático do processo de enchente e inundação



Fonte: MIN. CIDADES/IPT, 2000.

Desde os primórdios, o homem sempre buscou áreas com um potencial de recursos para a sua sobrevivência e da sua família. Atualmente a ideia permanece a mesma, pois é perceptível que uma grande massa de pessoas busca moradia ao longo dos canais fluviais, algumas devido às condições socioeconômicas. Dito isso, Tucci (2007) classifica as inundações em ribeirinhas e urbanas, contendo conceitos, causas e consequências distintas.

Segundo o autor, as inundações urbanas ocorrem devido a ocupação direta do solo, tornando-o impermeável e impossibilitando o processo natural de escoamento das águas dos rios e da chuva. As condições para que essa inundação ocorra são diversas, entre elas estão as circunstâncias naturais da dinâmica atmosférica e hidrológica da bacia hidrográfica da região, o seu regime de precipitação e a estrutura da rede de drenagem e saneamento da área (TUCCI, 2007).

A inundação, popularmente conhecida como enchente, é o aumento gradual do nível dos rios, além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a eles (KOBAYAMA, 2006).

Por ser um fenômeno natural, algumas áreas são inundadas por estarem situadas na planície de inundação. De acordo com Oliveira (1998), funcionam como reguladores hidrológicos, capazes de absorver o excesso de água nos períodos de intensas chuvas e consequentes cheias, assim, podem ser classificadas também como:

[...] áreas formadas pelas aluviões e por materiais variados depositados no canal fluvial ou fora dele, tendo como característica durante a vazante o escoamento de parte da carga dendrítica com o progressivo abaixamento do nível das águas. E na cheia, há elevação do nível das águas que, muitas vezes acaba transbordando sobre as margens, inundando áreas baixas marginais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.75).

O segundo tipo de inundação, ainda conforme Tucci (2007), são as inundações ribeirinhas. Alguns condicionantes para sua ocorrência se assemelham aos da inundação urbana, no entanto, só está relacionada às condições naturais da região, sendo considerada um extravasamento das águas dos leitos dos rios. Um rio geralmente possui dois leitos, sendo estes: o leito menor, onde a água escoar todo o tempo sem trazer prejuízos às comunidades adjacentes; e o leito maior, o qual é inundado e traz riscos à população, ocasionando uma mudança na área de ocupação destas famílias. A figura 2 apresenta os tipos de leitos e a sua localização em relação às áreas ribeirinhas.

**Figura 2:** Leito menor e leito de inundação



Fonte: Tucci, 2003.

Castro (2003) apresenta duas definições sobre as inundações: inundações bruscas e graduais. No entanto, Baker (1994) afirma que dentro da comunidade científica existem diversas definições e alguns cientistas divergem muito sobre elas. Em virtude disso, Goerl e Kobiyama (2005) a partir de levantamentos bibliográficos abordam diversos conceitos apontados no Quadro 1 quanto às inundações graduais:

**Quadro 1:** Diversas definições sobre inundações graduais

<b>Termo</b>	<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
<i>Flood</i>	NFIP (2005)	Uma condição geral ou temporária, de parcial ou completa inundação, de dois ou mais acres de uma terra normalmente seca, ou duas ou mais propriedades, proveniente da inundação de águas continentais ou oceânicas.
<i>Flood</i>	NWSNOAA (2005)	A inundação de uma área normalmente seca causado pelo aumento do nível das águas em um curso d'água estabelecido, como um rio, um córrego, ou um canal de drenagem ou um dique, perto ou no local onde as chuvas precipitaram.
<i>Inundações graduais ou enchentes</i>	CASTRO (1999)	As águas elevam-se de forma paulatina e previsível, mantém em situação de cheia durante algum tempo e, a seguir, escoam-se gradualmente. Normalmente, as inundações graduais são cíclicas e nitidamente sazonais.
<i>River Flood</i>	MEDIONDO (2005)	O transbordamento do curso do rio é normalmente o resultado de prolongada e copiosa precipitação sobre uma grande área. Inundações de rio acontecem associadas a sistemas de grandes rios em trópicos úmidos.

Fonte: adaptado de Goerl e Kobiyama, 2005.

E, as seguintes quanto as inundações bruscas (Quadro 2).

**Quadro 2:** Definições sobre inundações bruscas

<b>Termo</b>	<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
<i>Flash flood</i>	NWSNOAA (2005)	Uma inundação causada pela pesada ou excessiva chuva em um curto período de tempo, geralmente menos de 6 horas. Uma quebra de barragem também pode ocasionar uma inundação brusca.
<i>Flash flood</i>	CHOUDHURY <i>et al</i> (2004).	Inundações bruscas são inundações de curta vida e que duram algumas horas a poucos dias e originam-se de chuvas pesadas.
<i>Flash flood</i>	MEDIONDO (2005)	É um evento de inundações de curta duração com uma rápida elevação da onda de inundação e rápida elevação do nível das águas. São causadas por pesadas, geralmente curtas precipitações, como uma chuva torrencial, em uma área que frequentemente é pequena.
<i>Flash flood</i>	WMO (1994)	Em bacias pequenas, de rápida resposta, com as de tempo de concentração menor de seis horas, intensas precipitações podem criar uma inundação brusca.

Fonte: adaptado Goerl e Kobiyama. 2005.

Os fatores condicionantes das enchentes se dividem em naturais e antrópicos, e como citado anteriormente, os naturais abarcam as condições climáticas e hidrológicas da região. Ainda assim, existem fatores como a forma geométrica da bacia que interfere na direção do escoamento da água e também a partir do formato desta, podendo-se definir a predisposição que ela possui para as inundações, utilizando a relação entre a largura e a faixa axial da mesma (JORGE e UEHARA, 1998).

Um outro fator importante durante a análise das enchentes é a densidade de drenagem da bacia estudada, que a partir do que afirma Horton (1945) representa o comprimento médio de rios de uma bacia hidrográfica por unidade de área. Esse cálculo auxilia na identificação da velocidade em que a água deixa a bacia, assim como da taxa de permeabilidade do terreno. A partir de alguns estudos ficou constatado que terrenos relativamente impermeáveis apresentam uma densa rede de drenagem (JORGE e UEHARA, 1998).

Os fenômenos conhecidos em conjunto como riscos hidrológicos são a causa de grandes desastres, em virtude disso os estudos sobre as causas e consequências dos mesmos são necessários para a formulação de medidas mitigadoras, considerando que o homem ainda não se tornou capaz de controlar eventos naturais devido a magnitude e frequência na qual eles se apresentam, além da ausência das políticas públicas para suprimir os danos.

## **2.2. Eventos extremos**

Os eventos extremos podem ser classificados como climáticos, hidrológicos, atmosféricos, dentre outros, e possuem esse nome devido a magnitude e a frequência em que ocorrem. Um evento extremo está entre as principais causas deflagradoras de catástrofes naturais que atingem o homem, tudo isso devido a forma como as sociedades têm se organizado, desconsiderando o ritmo e a variabilidade do sistema atmosférico, tendo como parâmetro apenas o seu estado médio (VICENTE, 2005).

Para Gonçalves (2013), um evento extremo torna-se um risco quando supera a capacidade material de determinada organização social para absorver, amortizar ou evitar seus efeitos negativos. Diante disso, a situação pode ser desencadeada não só

pelo evento extremo, mas também por um evento normal, e é este fato que determina o grau de vulnerabilidade da sociedade em questão.

Os eventos extremos necessitam de cada vez mais de atenção, não somente pela sua magnitude e pelos danos que causam por onde passam, mas também pelo fato de que alguns têm tido a sua frequência aumentada. A partir do exposto, entende-se que as enchentes e inundações são fenômenos naturais, porém, em razão da intensa atividade humana na bacia hidrográfica e do processo acelerado de urbanização, esses eventos estão acontecendo com maior frequência, impossibilitando a população de se recuperar e preparar para uma nova série de prejuízos causados por estes fenômenos.

### **2.3. Desastres naturais**

De acordo com Castro (1998), um desastre pode ser definido como resultados de eventos adversos, naturais ou provocados e intensificados pelo homem, sobre determinado ecossistema (vulnerável), causando danos humanos, materiais e/ou ambientais, e conseqüentemente prejuízos econômicos e sociais.

Kobiyama (2006) afirma que são normalmente súbitos e inesperados, de uma gravidade e magnitude capazes de produzir danos e prejuízos diversos, resultando em mortos e feridos. Em virtude disso, as ações visando a prevenção e diminuição desses desastres tornam-se cada vez mais necessários e precisam envolver ainda mais os poderes públicos, para que o processo de recuperação seja alcançado com êxito a partir de métodos eficazes.

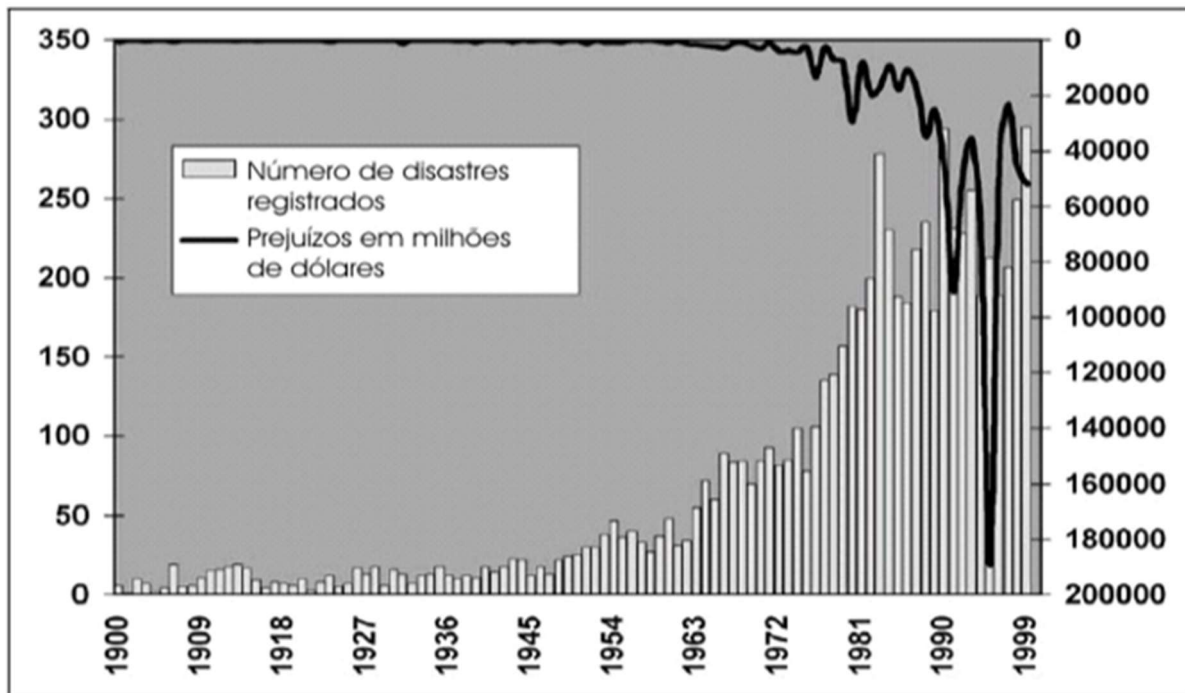
Em relação a ocorrência dos desastres, Alcantara-Ayala (2002) apud. Kobiyama (2006) contribui ao afirmar que eles estão associados não somente à susceptibilidade deles, devido às características geoambientais, mas igualmente à vulnerabilidade do sistema social sob impacto, isto é, o sistema econômico-social-político-cultural.

Isso ocorre porque em alguns países a falta de infraestrutura intensifica o desastre e também prejudica o processo de reestruturação da área após sofrerem com o mesmo, estas características são atribuídas a países ainda em fase de

desenvolvimento, visto que estão passando por processos de implementação de ações de prevenção, estações de monitoramento, entre outros.

O Brasil é o país do continente americano com o maior número de pessoas afetadas por desastres naturais (BBC BRASIL, 2003). Acerca dessa mensuração, a partir de uma pesquisa realizada pelo *Emergency Disasters Data Base* (EM – DATA, 2006) e a série temporal da população, obtida do IBGE (2004), Kobiyama et al. (2004) mostram que no país em questão os casos de mortes humanas ocasionadas pelos desastres estão reduzindo, apesar do aumento da população e do processo de ocupação em áreas de risco (figura 3).

**Figura 3:** Série Temporal entre População e Número de Mortes por desastres naturais



Fonte: adaptada de Kobiyama et al. (2004).

Essa redução está ocorrendo devido às ações efetivas realizadas para o controle dos danos causados por um desastre, bem como os estudos e pesquisas acerca do assunto, gerando cada vez mais métodos a serem aplicados para a contenção dos danos. As consequências desses desastres naturais podem ser consideradas positivas ou não.

Partindo da perspectiva de Sidle et al. (2004) e Silva et al. (2003) os fenômenos naturais responsáveis pelos desastres podem oferecer algumas vantagens, um

exemplo é quando a inundação de um rio se torna perigosa para a população, mas traz sedimentos e nutrientes para o solo da região.

Em relação ao nível de intensidade de um desastre, Castro (1999) descreve os seguintes níveis de intensidade. (Quadro 3).

**Quadro 3:** Classificação dos desastres em relação à intensidade

<b>Nível</b>	<b>Intensidade</b>	<b>Situação</b>
<b>I</b>	Desastres de pequeno porte, onde os impactos causados são pouco importantes e os prejuízos pouco vultosos. (Prejuízo $\leq$ 5% PIB municipal)	Facilmente superável com os recursos do município.
<b>II</b>	De média intensidade, onde os impactos são de alguma importância e os prejuízos são significativos, embora não sejam vultosos. (5% < Prejuízo $\leq$ 10% PIB)	Superável pelo município, desde que envolva uma mobilização e administração especial
<b>III</b>	De grande intensidade, com danos importantes e prejuízos vultosos. (10% < Prejuízo $\leq$ 30% PIB)	A situação de normalidade pode ser restabelecida com recursos locais, desde que complementados com recursos estaduais e federais <b>(Situação de Emergência – SE)</b>
<b>IV</b>	Com impactos muito significativos prejuízos muito vultosos. <b>(Prejuízo &gt; 30% PIB)</b>	Não é superável pelo município, sem que receba ajuda externa. Eventualmente necessita de ajuda internacional. <b>(Estado de Calamidade Pública – ECP)</b>

Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Sobre sua evolução, Castro (1999) também afirma que existem três tipos e nomenclaturas (Quadro 4).

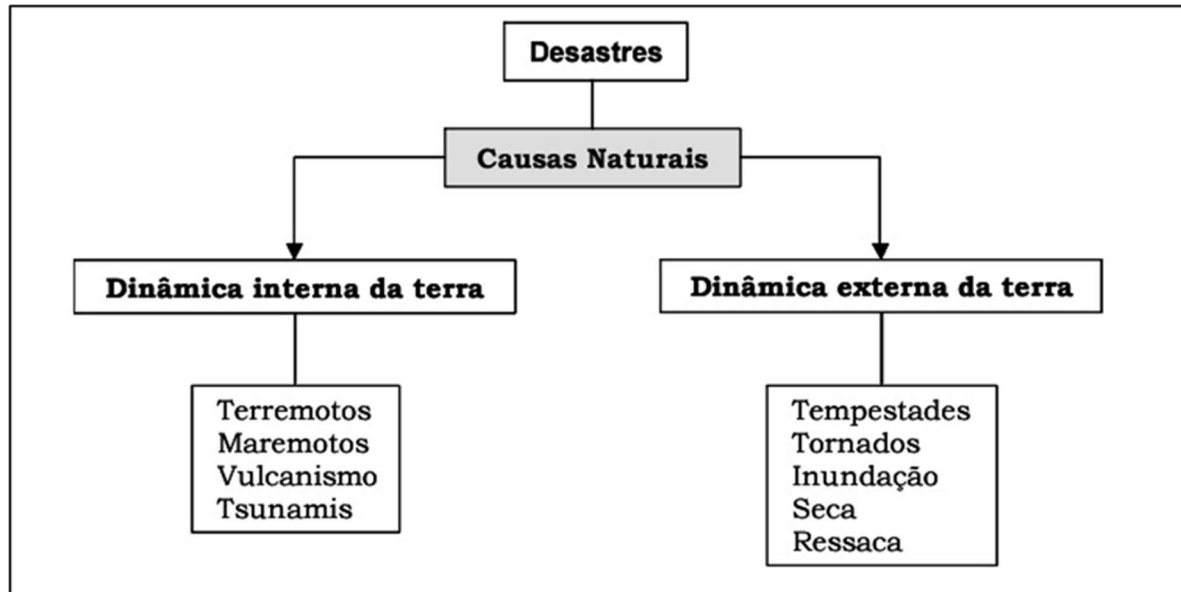
**Quadro 4:** Tipos de desastres em relação à evolução

<b>Nome</b>	<b>Característica</b>
Súbitos	Caracterizam-se pela rápida velocidade de evolução, como as inundações bruscas e tornados.
Graduais	Caracterizam-se por evoluírem em etapas de agravamento progressivo, como as inundações graduais e as secas.
Somação de efeitos parciais	Caracterizam-se pela ocorrência de numerosos acidentes semelhantes, cujo impactos, quando somados definem um desastre de grande proporção.

Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Kobiyama (2006) enfatiza que os desastres naturais podem estar ligados à dinâmica interna ou externa da Terra, como exemplo da interferência da dinâmica interna há as consequências da movimentação das placas tectônicas que geram terremotos, maremotos, atividades vulcânicas, enquanto os de origem externa são gerados pela dinâmica atmosférica, causando tempestades, tornados etc. (Figura 4).

**Figura 4:** Origem dos Desastres Naturais



Fonte: KOBİYAMA, 2006.

Essa distinção entre as causas dos desastres naturais é preciso para que durante as ações sejam classificadas de maneira correta, enfatizando que grande parte desses fenômenos são naturais e se tornam catastróficos quando a região afetada é ocupada e/ou há muita interferência antrópica no meio natural.

## **2.4. Gestão de desastres: vulnerabilidade, risco e perigo**

### **2.4.1. Vulnerabilidade**

A vulnerabilidade denota da exposição que uma sociedade se encontra em relação a um evento natural ou um evento natural antropizado. Nesse sentido, pode ser entendida como a probabilidade de o indivíduo, ou grupo, ser afetado negativamente por um evento natural/ambiental, ou contaminado mediante um elemento da natureza (DESCHAMPS, 2004).

Nas bibliografias está sempre associada ao risco, no entanto, são definições e atribuições diferentes para cada uma delas:



A vulnerabilidade é diferente do risco. A base etimológica da palavra advém do verbo latino “ferir”. Enquanto o risco implica a exposição a perigos externos em relação aos quais as pessoas têm um controle limitado, a vulnerabilidade mede a capacidade de combater tais perigos sem que se sofra, a longo prazo, uma potencial perda de bem-estar (PNUD, 2007, p. 78).

Segundo Pelling (2003), a vulnerabilidade evidencia a exposição ao risco e à incapacidade de evitar ou absorver danos em potencial. Para o autor se divide em três: física (relacionada às construções), social (relacionada ao sistema social, econômico e político) e humana (união entre a física e a social). Pode ser definida também como o grau de susceptibilidade ou de risco a que está exposta uma população a sofrer danos por um desastre natural (CRID, 2001).

Além disso, apresenta diversas características, uma delas é a escala temporal em que ela ocorre. Por ser um fenômeno dinâmico e natural, indica diferentes sazonalidades, que ocorrem porque a sua avaliação e classificação envolvem diversos fatores, como culturais, políticos, econômicos, ambientais, os quais com o tempo podem se modificar:

Qualquer alteração em um dos fatores envolvidos pode aumentar ou diminuir a vulnerabilidade. Por exemplo, a sazonalidade do regime de chuvas pode ser fundamental no quadro da vulnerabilidade de uma determinada área. [...] a escala temporal, então, é igualmente imprescindível, permitindo contextualizar os recursos disponíveis para responder aos perigos e a capacidade de resistência daquela sociedade/lugar de absorver e recuperar-se do dano (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006. p.37).

Na Geografia, os primeiros estudos sobre vulnerabilidade estão associados aos desastres naturais (*natural hazards*) e avaliação de risco (*riskassessment*) (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2005). Uma das contribuições da ciência geográfica para o estudo da vulnerabilidade foi a dimensão espacial:

Esta abordagem parte das dinâmicas que configuram uma dada espacialidade, procurando circunscrever sua escala (uma região, uma cidade, um ecossistema, um bairro), identificando nas interações entre sociedade e natureza os riscos e perigos que atingem o lugar. Não se trata de entender esta espacialidade enquanto substrato físico independente da sociedade (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2006, p.36).

Alcantara-Ayala (2002) comenta que existem inúmeros tipos de vulnerabilidade, mas que em sua maioria, quase todos podem ser incluídos em quatro principais grupos: social, econômico, político e ambiental.

Cannon et al. (2003) contribuem afirmando que a vulnerabilidade social é uma configuração complexa de características que incluem bem-estar pessoal, meios de subsistência, resistência a eventos adversos, autoproteção e redes políticas, sociais e institucionais. Esse nível de bem-estar está relacionado a aspectos como grau de instrução, escolaridade, segurança e políticas públicas (ISDR, 2004).

Esse tipo de desamparo descreve as características demográficas de diferentes grupos sociais, que os fazem mais ou menos susceptíveis aos impactos negativos de um evento extremo (HILL e CUTTER 2001). Existem diversos conceitos definidos, a partir dessa variedade bibliográfica, Goerl et al. (2012) trazem em sua obra algumas dessas definições (Quadro 5).

**Quadro 5:** Definições de vulnerabilidade

<b>Autor</b>	<b>Definição</b>
Timmerman (1981)	Vulnerabilidade é o grau em que o sistema age adversamente em virtude da ocorrência de um evento perigoso.
Dow (1992)	São as diferentes capacidades de grupos e indivíduos para lidar com perigos naturais, com base em suas posições dentro da sociedade e no espaço.
Alexander (1993)	Vulnerabilidade humana são os custos e benefícios de habitar áreas de risco a um desastre natural.
Cutter (1993)	Probabilidade de um grupo ou indivíduo de estar exposto a um efeito adverso provocado por um perigo natural.
Warmington (1995)	Uma condição que, adversamente, afeta a habilidade das pessoas de se preparar para enfrentar ou responder a um perigo.
Lewis (1999)	É o produto de um conjunto de condições prevalecentes no qual os desastres podem ocorrer.
UNDP (2004)	Uma condição ou processo resultante de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, os quais determinam a probabilidade e escala dos danos causados pelo impacto de um determinado perigo.
NOAA (2009)	O nível de exposição da vida, propriedade, e recursos ao impacto de um perigo natural.

Fonte: adaptado Goerl et al. 2012.

A vulnerabilidade possui diversas escalas e definições, todas atreladas às questões sociais e ambientais, que não podem ser estudadas separadamente, pois um objeto complementa o outro, tornando-a um conceito aplicado a uma vivência em sociedade, pois é a mensuração da capacidade de resposta que determinada sociedade possui para enfrentar um desastre natural, normalmente intensificado pelo homem. Mensurar essa vulnerabilidade é importante, tendo em vista que a partir dela é possível identificar as áreas onde há necessidade de aplicação de políticas de mitigação de danos, de reestruturação da infraestrutura e outras ações que visam diminuir essa fragilidade às pessoas que habitam essas áreas.

#### 2.4.2. Perigos Naturais

Para o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento — UNDP (2004), os perigos naturais (*natural hazards*) são processos ou fenômenos naturais que tem um potencial prejudicial e que ocorrem na biosfera, podendo ocasionar sérios danos às comunidades expostas.

O perigo está comumente associado à predisposição que determinado indivíduo ou sociedade está de sofrer algum dano por um fenômeno natural:

[...] *hazard* é um evento de natureza física ou um fenômeno resultante da atividade humana, que pode causar um potencial prejuízo e perdas às estruturas sociais, econômicas e ambientais. Por sua vez, o *natural hazard* pode ser definido como um processo ou um conjunto de fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir um evento danoso. Deste modo, podem ser classificados em função da sua origem, a saber: geológica, hidro-meteorológica ou biológica (SOUZA, 2015, p.32).

Monteiro (1991) afirma que é indispensável considerar que os perigos naturais existem devido ao ajustamento de uma sociedade a eles, ou seja, o perigo só existe a partir do envolvimento do homem com fenômenos de caráter natural. Nessa perspectiva, o autor utiliza como exemplo os fenômenos de enchentes, que não seria um fenômeno prejudicial se a população evitasse morar na planície de inundação (MONTEIRO, 1991, p.08).

O termo perigo apresenta inúmeros conceitos dentro do mundo acadêmico e literário, o que permite com que ele seja atribuído em várias pesquisas de diferentes temáticas. Esse conceito pode abranger diversos fenômenos como avalanches,

terremotos, deslizamentos, pragas, fome e seca, logo, ele pode ser atribuído à questões sociais, ambientais e socioambientais.

Goerl et al. (2012) ao longo de sua pesquisa, apresentam algumas definições do termo perigo (*hazard*) e também do termo perigo natural (*natural hazard*). O quadro 6 a seguir mostra alguns desses conceitos, onde fica notório ao longo da leitura que alguns conceitos são semelhantes, comprovando que mesmo com definições diferentes, o perigo pode ser definido diretamente como um evento natural capaz de trazer danos.

**Quadro 6:** Algumas definições acerca do Perigo

<b>Autor</b>	<b>Termo</b>	<b>Definição</b>
Schumm (1994)	Perigo	Refere-se ao risco ou perigo potencial, o qual geralmente é assumido como sendo uma catástrofe ou desastre em potencial, que envolve grandes danos e perda de vidas.
Smith (1996)	Perigo	Pode ser definido como uma ameaça potencial para o ser humano e seu bem-estar.
Tobin e Montz (1997)	Perigo Natural	Representa uma interação potencial entre a sociedade e eventos naturais extremos.
Alcântara-Ayala (2002)	Perigo Natural	São eventos capazes de produzir danos ao espaço físico e social, não apenas durante a sua ocorrência, mas também posteriores a sua ocorrência, pelas associações de duas consequências.
ISDR (2004)	Perigo	Evento físico, fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa, que pode causar mortes, danos às propriedades, distúrbios sociais e econômicos ou degradação ambiental.
UNDP (2004)	Perigo Natural	Processos ou fenômenos naturais que ocorrem na biosfera e que podem constituir um evento danoso.
Telesca (2007)	Perigo Natural	É um elemento físico que é intrinsecamente nocivo ao ser humano e é causado por forças alheias a ele. Mais especificamente, este termo refere-se a todos os eventos atmosféricos, hidrológicos, geológicos e de queimadas que tem o potencial de afetar adversamente a sociedade, suas estruturas e atividades.

Fonte: adaptado de Goerl et al. 2012.

### 2.4.3. Risco

A concepção de risco tem sido bastante comentada pela sociedade civil e acadêmica, e se tornou objeto de análise e pesquisa por diversas instituições de ensino e também as governamentais. Em sua maioria, está associado a fatores como acidentes naturais, segurança pessoal, saúde, violência, entre outros aspectos.

A palavra risco foi conceituada pela primeira vez pelo dicionário Houaiss em 2001, onde no francês significa perigo, inconveniente mais ou menos previsível. Como afirma Umbelino (2006), é uma ameaça, conhecida ou não, podendo acontecer em um grupo ou de forma isolada, com possibilidade de ser permanente ou momentâneo, tendo como principais agentes o ameaçador e o receptor da ameaça.

Assim, pode ser estudado em categorias diferentes, é comum ser encontrado relacionado a uma percepção de incerteza, um perigo ou uma perda material, econômica ou humana, devido a:

Processos de ordem “natural” (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas. O risco (*lato sensu*) refere-se, portanto, à probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não constantes e não determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana (CASTRO; PEIXOTO; PIRES DO RIO, 2005, p.12).

O risco pode também ser definido como objeto social, Veyret afirma isso ao dizer que:

A percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que aprende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal (VEYRET, 2007, p.11).

Stepherson (2002) apud Goerl et al. (2012) adota o risco como a probabilidade de ocorrência de um perigo, considerando para isso o tempo de retorno do mesmo, ou seja, a sua intensidade. Chen et al. (2004) contribuem ao dizer que o risco é

composto e existe em função de uma tríade, sendo ela o perigo, exposição e a vulnerabilidade.

A sociedade sempre esteve exposta ao risco desde os tempos antigos, o homem sempre precisou enfrentar fenômenos da natureza com suas grandes magnitudes, o que muda agora é a forma como lidam com eles e a capacidade que essa sociedade tem de absorver os danos.

Como afirmado, é algo que sempre estará presente na sociedade, sendo cada vez mais importante o estudo de sua mensuração, para que a população esteja preparada para vivenciá-lo e superá-lo à medida que ele acontece, sendo compreendido que tanto a sua magnitude quanto a sua frequência podem ser alteradas pela própria ação do homem com a natureza.

## **2.5. Geoprocessamento**

As geotecnologias são um conjunto de tecnologias utilizadas para coleta, armazenamento, edição, processamento e análise de dados georreferenciados, podendo ser aplicadas a partir de *softwares* livres ou pagos, *hardwares* e *dataware*.

O geoprocessamento, um componente das geotecnologias, consiste em um conjunto de técnicas, métodos computacionais e teóricos que busca trabalhar no tratamento e processamento de dados, a fim de produzir novos dados e/ou informações espaciais acerca do que foi coletado. É uma técnica que utiliza dados espaciais, referenciados através de coordenadas geográficas, com o intuito de analisar e integrar informações sobre as feições do espaço terrestre (MENDES, 2001).

O termo geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, etc. As ferramentas computacionais para o geoprocessamento, chamadas de Sistema de Informação Geográficas, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bandos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos (CÂMARA, 2001, p.2).

Nos estudos e pesquisas sobre os recursos hídricos, essas ferramentas têm como objetivo desenvolver um banco de dados que possibilitem a disseminação de

informações sobre diversos aspectos como a topografia, imagens espaciais, dados hidrológicos, informações como nomes de rios, canais e suas respectivas localizações.

Para Gregório (2015), a utilização das geotecnologias atreladas aos SIGs permite que a compreensão da superfície terrestre seja mais nítida e com uma maior carga de informação, um exemplo disso são as inúmeras pesquisas que utilizam o sensoriamento remoto para a análise de fenômenos como enchentes, secas e movimentos de massa.

## **2.6. Mapeamento de áreas suscetíveis a inundação**

O trabalho de mapeamento de áreas suscetíveis a inundação consiste no levantamento de dados para a determinação de áreas possivelmente inundáveis a partir de ocorrências anteriores ou atuais. Enomoto (2004) afirma que o mapeamento das áreas suscetíveis à inundação é uma ferramenta auxiliar para o controle dos danos causados por este fenômeno, pois é a partir dele que os órgãos responsáveis poderão promover políticas redutoras e ações que mitiguem os prejuízos. A partir do resultado, torna-se possível a tomada de decisão na construção de estruturas que previnam os danos, alertando os atuais e futuros proprietários de terras sujeitas a inundações (ANDJELKOVIC, 2001).

Para Silva e Afonso (2007) “a identificação prévia das áreas suscetíveis a inundações, através de simulações digitais, possibilita a elaboração de instrumento básico de apoio às decisões tomadas em relação ao uso e ocupação do solo, nas esferas pública e privada, evitando futuros problemas de calamidade devido às cheias, prevenindo desta forma e não apenas remediando os danos sociais, econômicos e ambientais que esses eventos causam”.

Shidawara (1999) afirma que os mapas das áreas suscetíveis possuem um grande papel no sistema de prevenção de inundações, considerando que em alguns municípios pequenos, e com poucos recursos, é difícil a implantação de sistemas e tecnologias mais sofisticadas. Logo, com o mapa feito e à disposição das autoridades, esses pequenos municípios podem ser preparados para futuros eventos.

### **3. MATERIAIS E MÉTODO**

#### **3.1. Método**

O método adotado na pesquisa foi o hipotético dedutivo que se configura como uma modalidade científica que, quando iniciada com um determinado problema, passa pela formulação de uma hipótese acerca desse problema e também por um processo de inferência dedutiva, o que testa o prognóstico de ocorrência de possíveis fenômenos abrangidos pela hipótese inicial. (PRODANOV e FREITAS, 2013).

Para Lakatos e Marconi (2007, p. 91), em linhas gerais, esse método parte uma problemática, e a partir disso as hipóteses de solução são formuladas para que haja a confirmação ou até mesmo o falseamento delas, assim gerando outras teorias para serem testadas diante do problema principal.

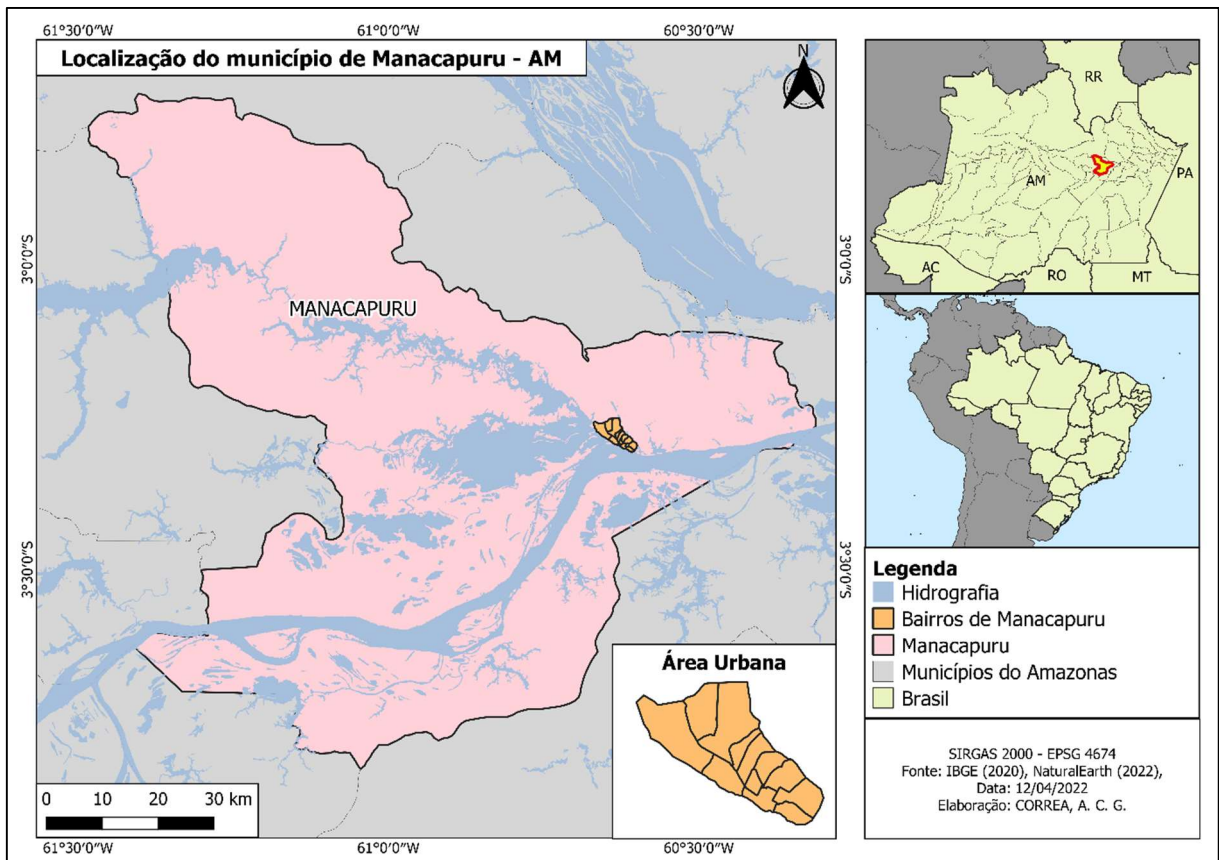
#### **3.2. Caracterização da área de estudo**

Manacapuru (Figura 5) foi fundado em 15 de fevereiro de 1786, originou-se de uma aldeia de índios muras e em 1894 foi elevada à categoria de Vila pela Lei Estadual nº 83, na gestão do então Governador Eduardo Ribeiro. E em 16 de julho de 1932 foi elevada à categoria de cidade a partir do Ato nº 1.639, em 11 de agosto do mesmo ano, o município foi inaugurado como cidade. (FILHO, 2011; SEPLAN, 2010, p. 90).

A cidade de Manacapuru está localizado na latitude 3° 17' 39" Sul e longitude 60° 38' 4" Oeste, no centro da região fisiográfica Solimões/Tefé, ocupando uma área de 48.419 km<sup>2</sup>. No último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, no ano de 2010, a população era de 86.472 habitantes, sendo 87% assentada em área urbana e 13% em área rural (IBGE, 2010).



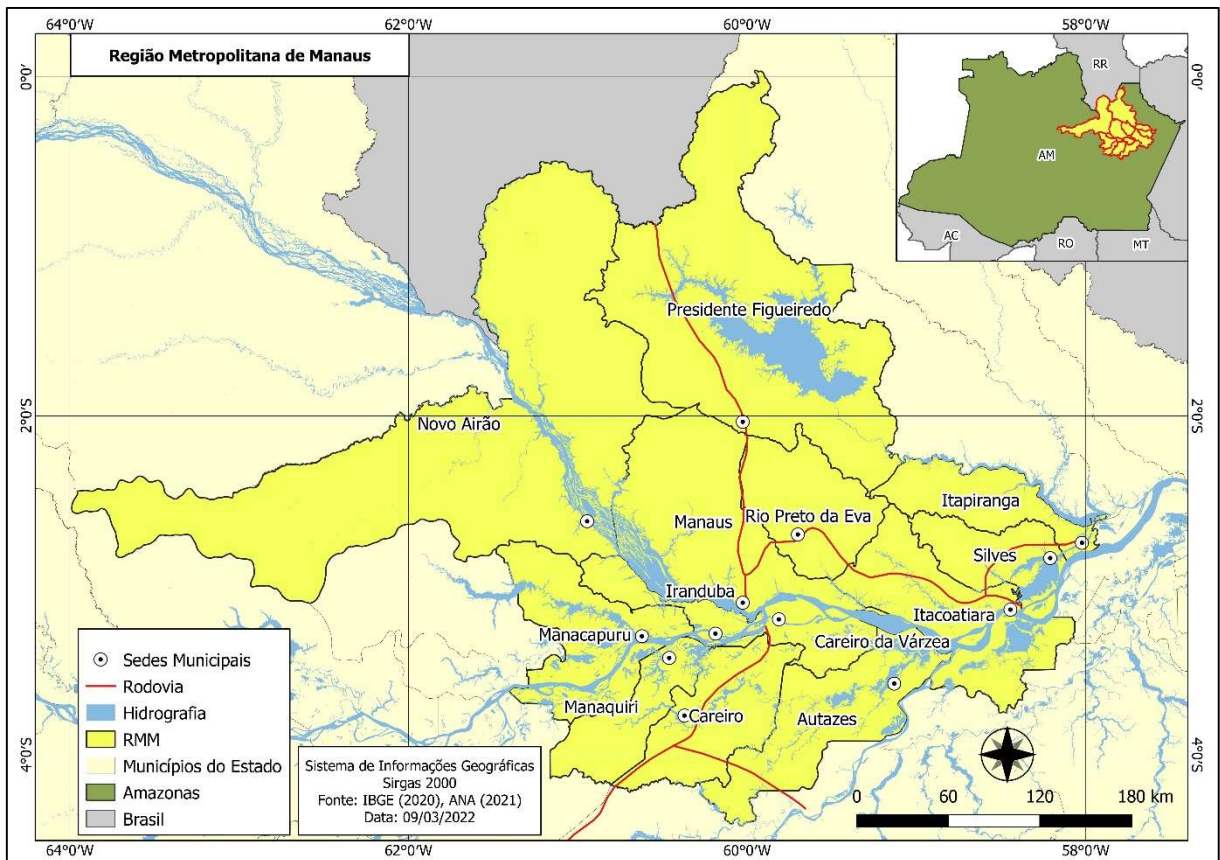
**Figura 5: Município de Manacapuru/AM**



Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Junto com outros doze municípios, Manacapuru integra a Região Metropolitana de Manaus (Figura 6), considerada a maior região metropolitana brasileira em área territorial e a mais populosa da Região Norte do Brasil (IBGE, 2010). Sua área representa 0,4666% da área do Estado do Amazonas, 0,1902% da Região Norte e 0,0863% de todo o território brasileiro.

**Figura 6: RMM - Região Metropolitana de Manaus**



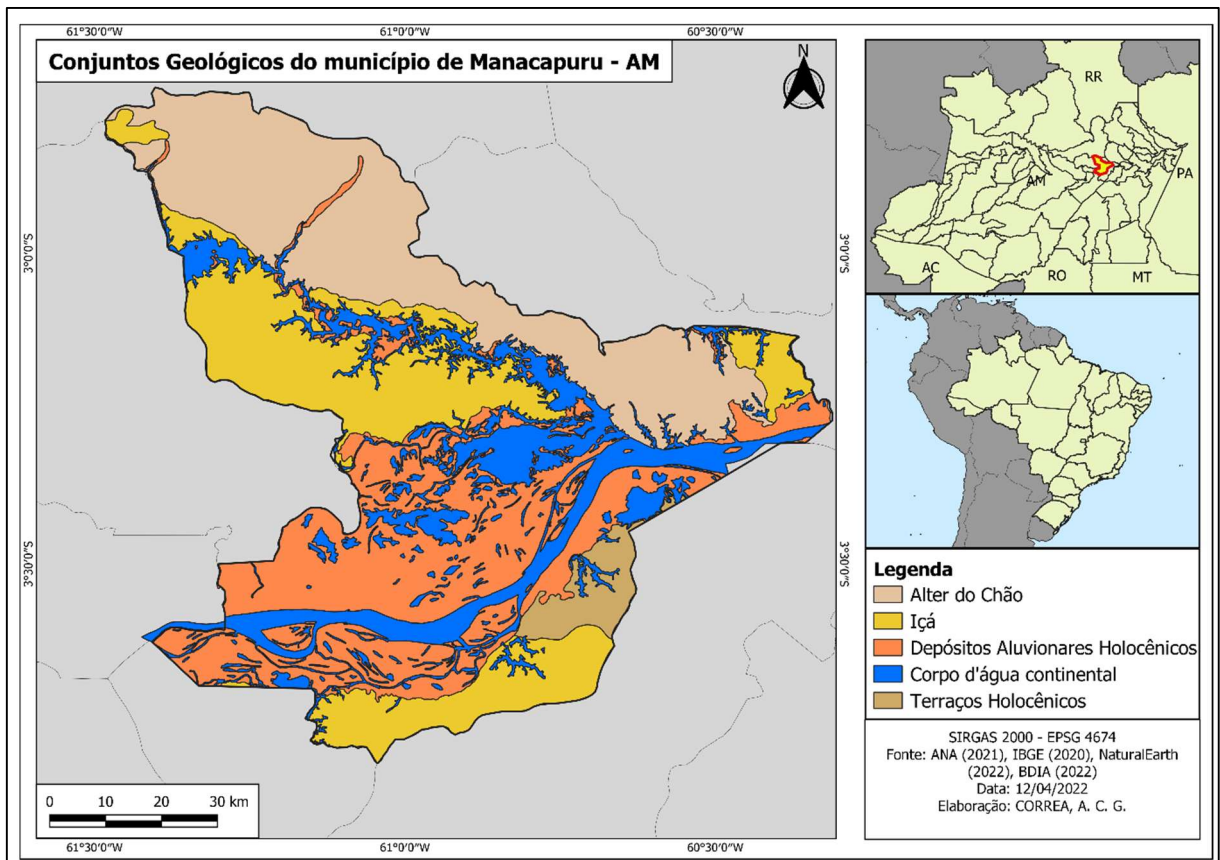
Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

A palavra “Manacapuru” é de origem indígena derivada das expressões Manacá (*Brunfelsia hospiana*) que é uma planta brasileira das dicotiledôneas, da família *Salanaceae*, que significa em tupi “Flor”. Já a expressão “Puru”, da mesma origem, quer dizer enfeitado, matizado. A partir destes significados, Manacapuru na língua indígena tupi quer dizer “Flor Matizada”.

### 3.2.1. Geologia e Geomorfologia

Conforme o Projeto RADAMBRASIL (1985), o município de Manacapuru está assentado sobre cinco conjuntos geológicos (figura 7) distintos: Aluviões Holocênicos, Formação Alter do Chão, Formação Içá, Formação Solimões e Terraços Holocênicos. O município de Manacapuru faz parte da porção central do Estado do Amazonas e está localizado a 84 quilômetros ao sul da capital do estado, em uma região geologicamente dominada pela laterização das rochas da Formação Alter do Chão e seus correspondentes gerados no Cretáceo Superior e Paleoceno (entre 55 – 100 milhões de anos), a qual também é coberta por terraços fluviais e depósitos recentes.

Figura 7: Mapa geológico



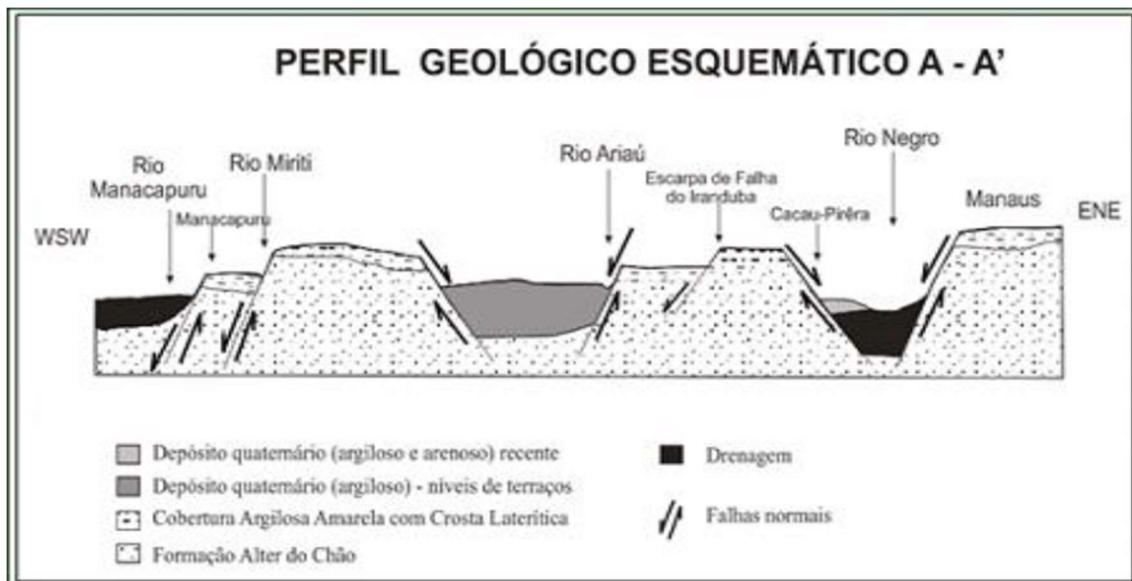
Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Os Aluviões de acordo com Guerra (2008) são depósitos aluvionares compostos de areias, seixo de tamanho diversos, siltes e argila, podendo ser classificados em antigos ou recentes, variando de acordo com a sua localização ao longo do leito do rio, sendo no leito maior ou em terraços escalonados de um ou de outro lado do rio. Estes depósitos são muito retrabalhados e mutáveis, devido à erosão fluvial, pois são depositados durante as secas ou nos locais de remansos quanto cai a energia corrente do rio, e em seguida, erodidos para fora da água da cheia ou também pela mudança do curso do rio. (WINGE, et al. 2001)

Para Maia et al. (1977) a Formação Solimões é litologicamente composta por arenitos finos a grosso, subangulares a subarredondados, intercalados com camadas centimétricas a métricas de argila branco-avermelhada. Já a Formação Içá, ainda segundo Maia et al. (1977), é uma sequência psamítica intercalados com pelitos e conglomerados, cujo contraste textural em imagem de radar permite seu contato com a Formação Solimões próximo ao arco de Jutaf.

A Formação Alter do Chão, como dito anteriormente, é da idade Cretácea superior a Terciária, forma uma extensa faixa ao sul do município de Iranduba e estende-se até o município de Manacapuru onde ocorrem, diversas vezes, confinada em grabens terciários encaixados nas rochas silurodevonianas, sendo essa formação a unidade mais representativa da região (figura 8).

**Figura 8:** Seção geológica E-W (esquemática) da compartimentação da região de Cacao – Pirêra a Manacapuru



Fonte: SILVA, 2005.

Segundo o RIMA (2012) a característica geomorfológica dessa formação permite com ela seja distinguida facilmente das unidades paleozóicas da Bacia do Amazonas, constituída por arenitos finos e médios, com níveis argilosos, caulíníficos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, com estratificação cruzada e plano-paralela. Ao longo da planície aluvionar do sistema Rio Solimões-Amazonas, a Formação Alter do Chão está coberta por depósitos aluvionares recentes e sub-recentes.

### 3.2.2. Rio Solimões

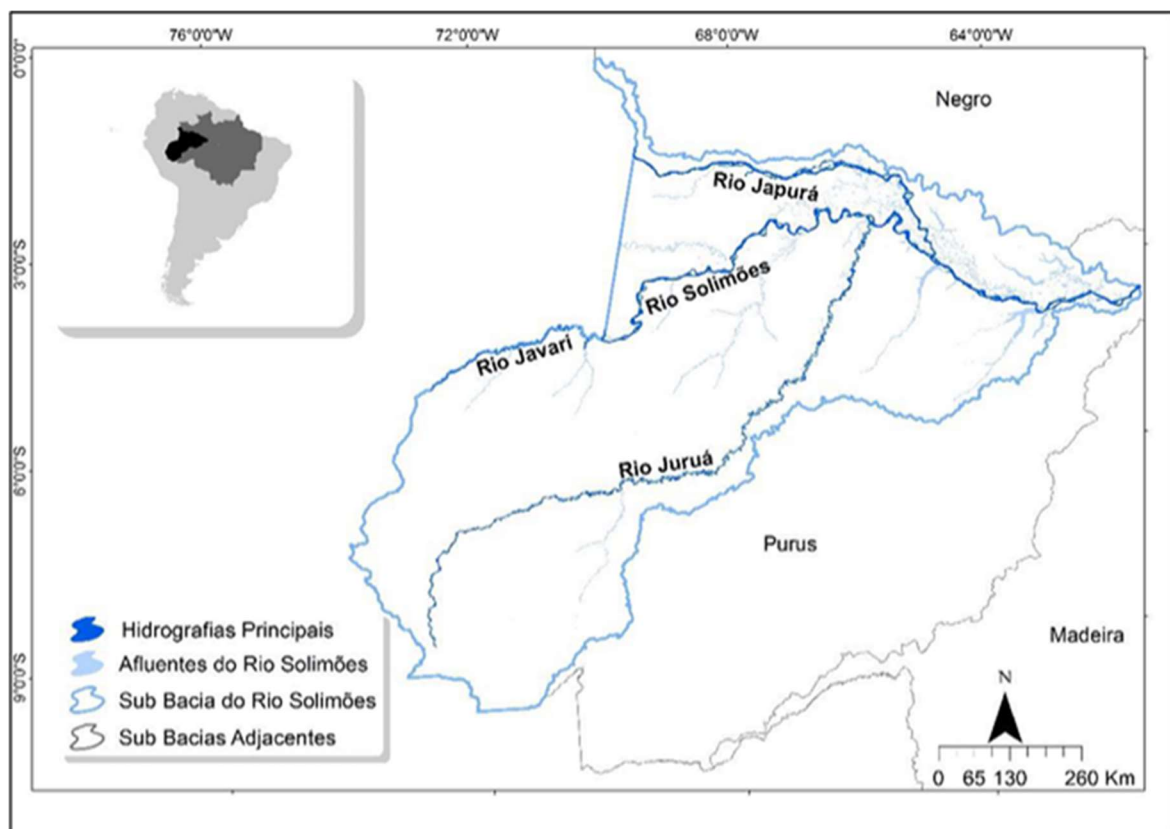
O Rio Solimões está localizado a oeste do estado do Amazonas e ocupa uma área de 57.922 km<sup>2</sup>, onde sua nascente está situada no Peru e possui uma extensão navegável total de 1620 km. Além de transporte, o rio também é fonte de alimento, renda, subsidia pesquisas científicas e contribui para o lazer a população urbana e ribeirinha (IBGE, 2022). Os afluentes do rio Solimões são os rios Japurá, Javari e



Juruá, e tem o seu período de cheia distribuído ao longo dos meses de fevereiro e junho, sendo o período de seca nos meses de julho a outubro (ANTAQ, 2013).

O Rio Solimões entra no Brasil pelo município de Tabatinga (AM) e após sua confluência com o Rio Negro (encontro das águas) próximo a Manaus, o rio Solimões passa a ser chamado de Rio Amazonas. A região em que está localizado o Solimões possui uma precipitação média de 2.300 mm/ano e uma descarga média de aproximadamente 100.000 m<sup>3</sup>/s (FRANZINELLI, 2011). A bacia hidrográfica do rio Solimões (figura 9) é considerada a maior sub bacia ocidental coletora da região Amazônica, uma vez que é uma bacia presente dentro e fora do Brasil, estende-se desde a Colômbia (12,15%), Equador (5,87%), Peru (39,09%) até chegar ao Brasil.

**Figura 9:** Identificação da hidrografia principal da sub bacia do Rio Solimões



Fonte: NEVES, R. R. 2017.

A coloração “branca” das águas do rio Solimões são consequência da quantidade de sedimentos carregados em suspensão, tais como argilas, siltes e areias finas (normalmente em períodos de enchente) em quantidades de 37 mg/l nas épocas de seca e 165 mg/l durante a cheia (FRANZINELLI, 2011). Ainda de acordo com o autor, a temperatura das águas do Solimões permanece, ao longo do ano, em 29 ±

1° C, sendo mais fria que a temperatura do Rio Negro, que é da ordem de 30° a 31° C.

### **3.3. Procedimentos metodológicos**

O trabalho buscou, como citado no capítulo 1, realizar o diagnóstico e mapeamento das áreas de risco de enchentes na área urbana do município de Manacapuru (AM) e, também, uma análise comparativa entre as 4 cheias históricas do Rio Solimões, a fim de destacar a diminuição do intervalo entre elas; caracterizar a magnitude dos eventos hidrológicos e estimar a vulnerabilidade social da população; assim como determinar e mapear o risco, produzindo uma Carta de Zoneamento do Risco Hidrológico na área urbana de Manacapuru.

A metodologia utilizada no trabalho teve como base a proposta apresentada por Goerl et al. (2012) para áreas de risco a inundação na área urbana do município de Rio Negrinho em Santa Catarina. Goerl et al. (2012) afirmam que ao se estudar as áreas rurais e urbanas separadamente, observa-se uma grande disparidade no componente relacionado à densidade demográfica e a concentração populacional. Diante do exposto, no presente trabalho o recorte espacial de análise foi a área urbana do município de Manacapuru, pois é na área urbana que os principais impactos dos fenômenos de enchente e inundação são sentidos e encontram-se as pessoas que sofrem danos com o fenômeno.

#### **3.3.1. Cálculo do Índice de Vulnerabilidade**

Goerl et al. (2012) ao trabalharem com a vulnerabilidade afirmam que, mesmo com alguns estudos e conceitos, a vulnerabilidade ainda não é totalmente consistente perante a ciência. Com base no cálculo do Índice de Vulnerabilidade é possível determinar as áreas que sofrerão mais danos com um fenômeno natural. Assim, a mensuração da vulnerabilidade tem se tornado um grande passo para que haja um controle e uma diminuição nos níveis de danos causados por esse fenômeno.

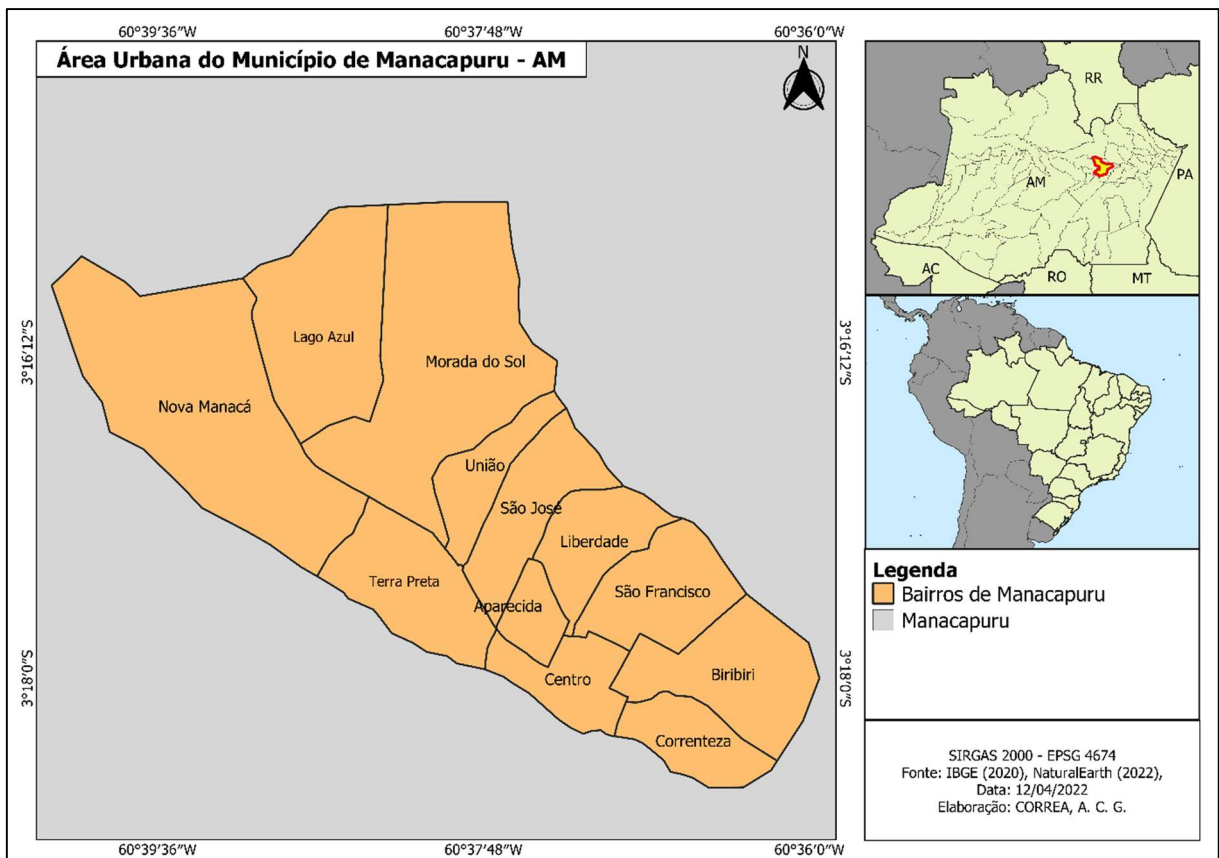
Para o cálculo do Índice de Vulnerabilidade foram utilizados dados coletados no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, oriundos do, ainda atual, Censo Demográfico do ano de 2010. Como exposto anteriormente, a área de estudo se configura como área urbana e é dividida pelo IBGE a partir de setores

cenitários, que são caracterizados como uma unidade espacial de coleta utilizada para a realização das pesquisas. É estabelecido a partir de critérios que associam número de domicílios à adequação da área a ser percorrida pela pessoa que realiza a coleta de dados (IBGE, 2022)

O setor censitário é 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).

O município de Manacapuru possui 57 (cinquenta e sete) setores censitários (figura 10) na sua área urbana, divididos nos 11 (onze) bairros da região, sendo eles: Centro, São Francisco, Biribiri, Correnteza, Aparecida, Liberdade, Terra Preta, São José, Morada do Sol, União e novo Manacá. O Censo de 2010 continua sendo utilizado nas pesquisas, já que ainda é o mais recente realizado pelo governo, sendo esperado que a partir do próximo censo outra pesquisa seja realizada com dados mais atuais.

**Figura 10:** Área Urbana de Manacapuru



Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Para efetuar o cálculo do IV foram utilizadas 8 variáveis já estabelecidas pelo IBGE, Goerl et al. (2012) na sua metodologia faz um agrupamento de algumas dessas variáveis, transformando-as em 6 (quadro 7).

**Quadro 7:** Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade social

Variáveis Censitárias - IBGE	Variáveis De Vulnerabilidade
Número de moradores por setor	Número de moradores por setor
Média de moradores por setor	Média de moradores por domicílio
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica
% da população acima de 65 anos % da população abaixo de 12 anos	Soma da porcentagem da população acima de 65 anos e abaixo de 12 anos
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	% de pessoas analfabetas acima de 12 anos
% de Responsáveis sem rendimento % de responsáveis com rendimento até 1 Salário Mínimo	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento até 1 Salário Mínimo

Fonte: GOERL et al. 2012. Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Após a definição das variáveis, os dados foram coletados no site do IBGE, tabulados e trabalhados dentro do programa *Excel*, onde foram analisadas e realocadas para outra planilha a fim de manter uma determinada organização e definir a quantidade grande de dados.

Feita a organização dos dados, constatou-se a necessidade de uma padronização dos resultados obtidos. Em virtude disso, foi feito um cálculo de escalonamento (equação 1) a partir do que é proposto por Marcelino et al. (2006) onde os valores são inseridos em um intervalo entre 0 e 1, sendo 0 (zero) o valor mínimo de cada variável e 1 (um) o valor máximo.

### **Equação 1 – Cálculo de Escalonamento**

$$V(\text{escalonado}) = \frac{V(\text{observado}) - V(\text{mínimo})}{V(\text{máximo}) - V(\text{mínimo})}$$

Fonte: MARCELINO et al. (2006)



Já para a determinação do Índice de Vulnerabilidade (IV), GOERL (2012) utilizam uma fórmula (equação 2), na qual contempla as variáveis de vulnerabilidade selecionadas e os resultados obtidos após a tabulação dos dados de cada setor censitário:

**Equação 2 – Cálculo do Índice de Vulnerabilidade (IV)**

$$IV = \frac{Dd + Nm + Mm + TxD + E + R}{IDHM}$$

Fonte: GOERL et al. (2012).

Portanto, o Índice de Vulnerabilidade (IV) é resultado da divisão das variáveis de vulnerabilidade pelo IDHM da região trabalhada. O município de Manacapuru, segundo o IBGE, possui um IDHM de 0,614 para uma densidade demográfica de 11,62 hab/km<sup>2</sup>.

Para o Programa das Nações Unidas – PNUD, o IDHM é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento: longevidade, educação e renda, e é dividido em três classes: de 0 a 0,499 (baixo desenvolvimento), de 0,5 a 0,799 (médio desenvolvimento) e de 0,8 a 1 (alto desenvolvimento), ou seja, o município de Manacapuru se encontra no intervalo referente ao médio desenvolvimento do IDHM.

Por fim, para a classificação dos resultados do IV, foi utilizado o método de classificação de *Jenks* (quebras naturais) já inserido dentro das configurações do *software* livre de geoprocessamento QGIS. O método de *Jenks* de acordo com o que expõe GIRARD (2008) busca minimizar a variância intra classes e maximizar a variância inter classes. Nesse método de classificação, os dados com menor variação são agrupados, permitindo com que se estabeleça, de maneira estatística, os padrões especializados dos dados que foram utilizados.

A classificação dos valores dentro do método de *Jenks* é feita de maneira automática no QGIS, sendo todos os valores especializados em cada setor censitário referente. Nesse método os valores foram agrupados de maneira quantitativa e divididos em quatro índices de vulnerabilidade sendo eles: baixo, médio, alto e muito

alto, cada valor corresponde a 25% dos valores totais. Como resultado de toda a análise, foi obtido o Mapa do Índice de Vulnerabilidade do Município de Manacapuru.

### 3.3.2. Análise comparativa das cheias

A etapa de análise comparativa das quatro cheias históricas do Rio Solimões, registradas na estação de Manacapuru, se deu a partir da coleta de dados diários de cota oriundos da Rede de Hidro telemetria da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA e de pesquisas realizadas pela SEMA – AM, estes dados são obtidos por meio das Plataformas de Coletas de Dados – PCDs do município de Manacapuru, que é de responsabilidade da ANA e operada pela CPRM, os quais são tratados e tabulados no Excel.

A análise dos dados de cota permite que seja visualizado o regime hidrológico do Rio Solimões, evidenciando seu período de cheia e vazante, possibilitando às autoridades agirem antes mesmo do rio atingir as suas cotas de referência, evitando assim danos maiores à população. O tratamento desses dados foi feito em 3 etapas: organização, filtragem e produção do cotagrama:

#### 3.3.2.1. Sistematização dos Dados

A etapa de sistematização dos dados foi feita após o download destes da pasta no site da ANA, onde contém dados de vazão, cotas, precipitação, entre outros, o dado utilizado na pesquisa foi somente os de cotas. A planilha (figura 11) é exportada e em seguida a organização é feita a partir das datas e anos, gerando no fim da tabela cálculos de máxima, média e mínima, definindo os valores de cada ano estudado.

Figura 11: Dados brutos da planilha geral

6	=====														
7	Dia/Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	
8	1972	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	1	1283	1347	1421	1549	1703	1918	1920	1848	1653	1427	1108	1102	-	
10	2	1292	1347	1427	1555	1708	1918	1919	1844	1646	1418	1096	1109	-	
11	3	1300	1348	1432	1559	1715	1918	1918	1839	1637	1407	1086	1116	-	
12	4	1306	1349	1436	1563	1721	1916	1918	1834	1632	1397	1081	1121	-	
13	5	1311	1350	1439	1567	1727	1915	1918	1829	1627	1384	1077	1125	-	
14	6	1316	1351	1441	1571	1733	1913	1916	1825	1620	1375	1073	1129	-	
15	7	1319	1352	1445	1576	1738	1911	1915	1819	1613	1364	1069	1133	-	
16	8	1322	1353	1448	1580	1744	1910	1913	1813	1607	1353	1068	1137	-	
17	9	1325	1355	1452	1586	1750	1909	1911	1806	1600	1342	1066	1141	-	
18	10	1328	1355	1457	1592	1754	1907	1910	1797	1593	1333	1066	1145	-	
19	11	1330	1357	1462	1598	1759	1905	1909	1789	1587	1322	1066	1150	-	
20	12	1333	1358	1466	1604	1764	1903	1907	1783	1581	1311	1067	1156	-	
21	13	1334	1361	1469	1609	1770	1900	1905	1777	1575	1302	1068	1163	-	
22	14	1335	1363	1472	1614	1776	1898	1903	1770	1567	1292	1070	1169	-	
23	15	1336	1366	1476	1619	1781	1896	1900	1763	1560	1286	1070	1173	-	
24	16	1337	1369	1479	1624	1787	1894	1898	1759	1553	1276	1070	1177	-	
25	17	1337	1371	1482	1628	1792	1892	1896	1753	1548	1264	1070	1181	-	
26	18	1337	1373	1485	1633	1798	1890	1894	1746	1540	1254	1071	1185	-	
27	19	1336	1375	1488	1637	1803	1888	1892	1739	1530	1243	1072	1191	-	
28	20	1337	1378	1492	1642	1807	1885	1890	1733	1522	1230	1073	1197	-	
29	21	1338	1381	1498	1647	1811	1881	1888	1729	1515	1221	1074	1202	-	
30	22	1339	1384	1503	1652	1816	1879	1885	1722	1505	1208	1075	1207	-	
31	23	1340	1387	1507	1657	1820	1875	1881	1714	1496	1198	1077	1213	-	
32	24	1341	1392	1511	1662	1825	1871	1879	1709	1488	1187	1079	1217	-	
33	25	1342	1396	1516	1668	1830	1868	1875	1702	1478	1176	1081	1222	-	
34	26	1343	1401	1521	1674	1836	1865	1871	1695	1469	1165	1084	1227	-	
35	27	1344	1407	1525	1681	1844	1861	1868	1688	1460	1153	1087	1231	-	
36	28	1345	1410	1529	1687	1858	1923	1865	1680	1450	1142	1091	1239	-	
37	29	1345	1415	1533	1692	1860	1923	1861	1673	1441	1132	1093	1251	-	
38	30	1345	-	1538	1697	1920	1922	1857	1667	1431	1125	1098	1260	-	
39	31	1345	-	1543	-	1919	-	1853	1660	-	1115	-	1266	-	
40	Média	1330	1371	1480	1621	1790	1892	1895	1758	1551	1271	1078	1179	1518	
41	Máxima	1345	1415	1543	1697	1920	1923	1920	1849	1654	1428	1110	1267	1923	
42	Dia	28	29	31	30	30	28	1	1	1	1	1	31	28/jun	
43	Mínima	1283	1347	1421	1549	1703	1853	1853	1660	1431	1115	1066	1102	1066	
44	Dia	1	1	1	1	1	30	31	31	30	31	9	1	09/nov	
45	1973	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

No município de Manacapuru existem dados desde o ano 1972 até o presente ano, 2022, permitindo a análise de diversos parâmetros, o que depende do objetivo determinado.

### 3.3.2.2. Filtragem

A filtragem é a separação das quatro maiores cheias (figura 12) do Rio Solimões, onde os dados foram exportados para uma outra planilha, facilitando a análise final.

Figura 12: Planilha filtrada

		Manacapuru - Estação 141000			
dia/mês	Mês	2009	2012	2015	2021
01/jan	Janeiro	1310	1159	1293	1247
02/jan	Janeiro	1317	1174	1294	1259
03/jan	Janeiro	1322	1188	1297	1270
04/jan	Janeiro	1326	1203	1300	1282
05/jan	Janeiro	1329	1214	1303	1294
06/jan	Janeiro	1332	1231	1307	1310
07/jan	Janeiro	1335	1249	1311	1320
08/jan	Janeiro	1338	1265	1315	1330
09/jan	Janeiro	1341	1278	1321	1344
10/jan	Janeiro	1341	1291	1325	1354
11/jan	Janeiro	1347	1303	1331	1365
12/jan	Janeiro	1350	1315	1338	1373
13/jan	Janeiro	1355	1326	1343	1382
14/jan	Janeiro	1360	1338	1350	1393
15/jan	Janeiro	1365	1347	1356	1398
16/jan	Janeiro	1371	1360	1361	1403

Fonte: ANA 2022, SEMA 2022. Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

A filtragem é essencial quando se trabalha com dados quantitativos, é a partir dela que são delimitados os valores buscados e também permite a quantificação destes de forma mais precisa.

### 3.3.2.3. Cotograma

Por fim, a última etapa foi a produção do cotograma que é o resultado da tabulação e análise dos dados das cheias, permitindo a visualização dos níveis do rio durante os quatro anos selecionados. O cotograma fornece ao governo e a sociedade civil um quadro do comportamento anual do rio, auxiliando na definição das cotas de referência e também fornecendo informações importantes para a aplicação de políticas públicas em caso de ocorrência das enchentes e inundações, pois segundo UN (2004) as enchentes e inundações causaram cerca de um terço de todos os prejuízos e danos causados por todos os tipos de desastres naturais ao redor do mundo. Esse dado constata a importância do mapeamento de áreas suscetíveis e mais vulneráveis a estes fenômenos.

### 3.3.3. Níveis de Referência

Os níveis de referência, segundo a CPRM (2021) são os níveis dos rios em que estes já apresentam uma predisposição para ocasionar algum tipo de impacto à população local. As definições dos níveis de referência são importantes para que os órgãos governamentais e a sociedade civil tenham conhecimento e mensurem a sua capacidade de lidar com o evento natural e com a magnitude que ele terá.

Os níveis de referência, para o presente trabalho, foram obtidos através de um levantamento bibliográfico a partir de relatórios e atividades técnicas realizadas pela CPRM no ano de 2021 e também a partir do Boletim Hidrometeorológico da SEMA – AM. Os valores gerados são resultados de levantamentos topográficos e altimétricos das áreas estudadas, trabalho de campo, em algumas ocasiões é utilizado o recurso de Aeronave Remotamente Pilotada - ARP, como os *drones* e entre outros aparatos técnicos de mapeamento de área.

### 3.3.4. Mapeamento das Áreas Inundadas – 2021 e 2022

O uso das ARP's, popularmente conhecidas como *drone*, para mapeamentos, sobrevoos e caracterização de áreas possibilita uma melhor visualização da área e ajuda na identificação dessas áreas, auxiliando o pesquisador antes e depois da obtenção dos resultados da pesquisa, permitindo com que os mesmos sejam espacializados nas imagens.

O drone utilizado para o mapeamento das áreas inundadas do município de Manacapuru no ano de 2021 foi o DJI MAVIC 2 ZOOM (figura 13) que contém um sensor de 1/2,3 polegadas e 12 megapixels, possui também uma lente com zoom óptico de 2x (24mm a 48mm ~ 35).

**Figura 13: ARP's**

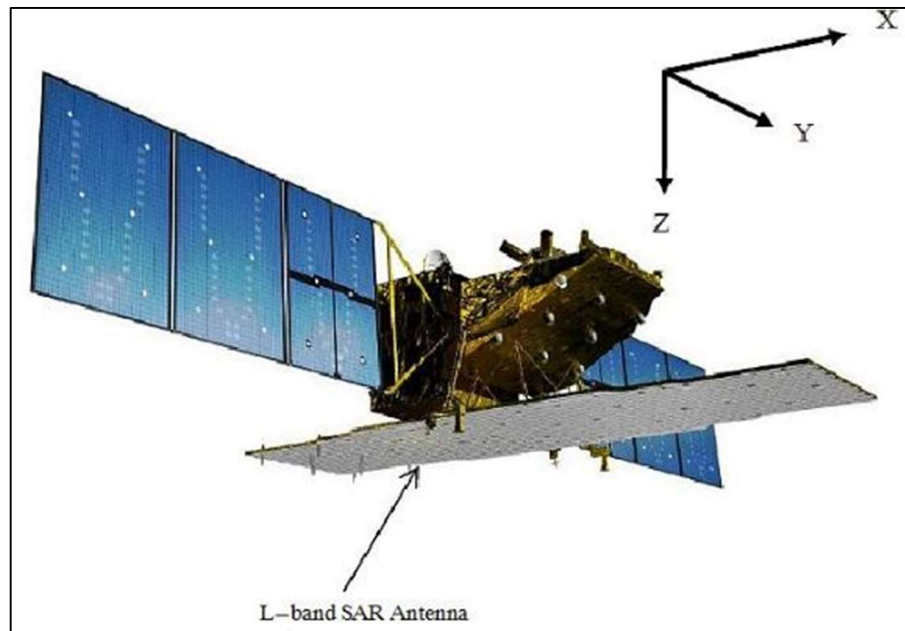
Fonte: APPLE. 2022.

Como resultado do sobrevoo e mapeamento da área urbana do município, foi possível identificar as áreas que foram inundadas na cheia do ano de 2021. Para o corrente ano, 2022, também foram obtidos resultados das áreas atingidas pela cheia do Rio Solimões.

#### 3.3.5. Áreas suscetíveis a inundação

Para a delimitação das áreas de risco de inundação na área urbana do município de Manacapuru foram utilizadas imagens do satélite ALOS, lançado em 24 de janeiro de 2006 pela JAXA, no Japão, e entrou em fase operacional e fornecimento de dados somente no dia 12 de maio de 2011. A princípio, o satélite foi desenvolvido somente para fomentar pesquisas científicas na área de sensoriamento remoto e prover os resultados para o Japão e alguns países da Ásia do Pacífico, disponibilizando dados cartográficos para subsidiar as pesquisas.

O satélite ALOS (figura 14) possui 3 (três) sensores para imageamento de sensoriamento remoto a bordo, sendo eles: o AVNIR – 2, o PRISM e o PALSAR. Para o trabalho foi selecionado o sensor PALSAR - 2, que é um radar imageador de abertura sintética que opera na Banda L, sendo capaz de obter imagens diurnas ou noturnas e em quaisquer condições atmosféricas.

**Figura 14:** Satélite ALOS PALSAR 2

Fonte: JAXA. 2006.

Ele foi desenvolvido também pela JAXA em parceria com a JAROS, derivado de uma tecnologia que esteve a bordo do satélite JERS – 1. Este sensor não consegue obter imagens em áreas localizadas acima de  $87,8^\circ$  de latitude Norte e  $75,9^\circ$  de latitude Sul.

Com o resultado de todo o tratamento e delimitação da imagem, foram gerados mapas de risco de inundação da área urbana do município de Manacapuru. Identificando os locais que apresentam perigo de sofrerem impactos diretos ou indiretos das enchentes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1. Maiores cheias

Para a análise das 4 (quatro) maiores cheias do Rio Solimões em Manacapuru, foi gerado um cotagrama por meio de dados hidrológicos provenientes da Rede de Hidrotelemetria da ANA, permitindo a observação e análise do regime hidrológico da região, além de determinar os períodos anuais de cheia e vazante.

As quatro maiores cheias do rio Solimões ocorreram nos anos de 2009, 2012, 2015 e 2021 (quadro 8). As cheias fazem parte da dinâmica natural de um rio, no entanto, as grandes cheias se configuram também como um evento extremo que atinge parte da população mais vulnerável e ocasiona danos em escalas diferentes.

**Quadro 8:** Quatro maiores cheias do rio Solimões

<b>Maiores Cheias – Solimões/Manacapuru - AM</b>	
Ano	Cota (cm)
2009	20,46
2012	20,73
2015	20,76
2021	20,86

Elaboração: CORREA, A.C. G. 2022.

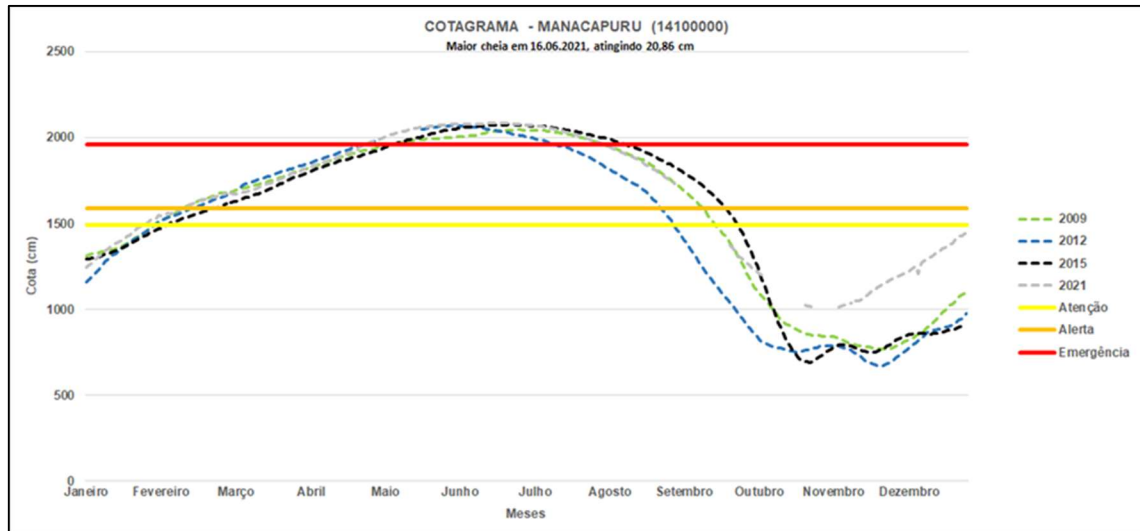
Dentro dessa análise, notou-se que os intervalos entre as cheias do Solimões são menores que 10 anos, sendo no máximo de 6 anos (2015 para 2021), essa diminuição no intervalo entre uma grande cheia e outra está ligado às mudanças no regime hidrológico da região, ao aumento das chuvas, a ausência de áreas de escoamento, entre outros. Em consequência, os prejuízos acarretados por essas cheias são resultado da intensa atividade do homem ao longo do leito do rio, seja a partir da construção de moradias em áreas inundáveis, a impermeabilização dos solos, etc.

O cotagrama (figura 15) permite visualizar, em forma de gráfico, a variação da cota do rio, além de identificar em qual dia o rio atingiu os níveis de referência estabelecidos. O município de Manacapuru apresenta um regime de cheia que inicia no fim de dezembro e estende-se até meados de julho, seu processo de vazante inicia



em agosto e finaliza no fim de novembro. O Solimões conta também com o fenômeno denominado “repiquete”, que ocorre quando há uma diminuição abrupta da cota do rio no período da cheia, em seguida retorna o processo de subida da cota.

**Figura 15:** Cotagrama (4 maiores cheias)



Fonte: ANA, 2022. Elaborado por: CORREA. A. C.G. 2022.

O cotagrama é fundamental para os estudos hidrológicos, além de ser um método de informação para a comunidade que tem o rio como fonte de renda, de alimento, entre outros usos da água.

#### 4.2. Níveis de Referência

Os níveis de referência são cotas nas quais a região apresenta uma predisposição para sofrer prejuízos devido ao aumento do nível do rio. Para esta etapa, foram feitos levantamentos bibliográficos em relatórios técnicos produzidos pelos órgãos federais e estaduais responsáveis pelo monitoramento hidrológico do município de Manacapuru – AM.

Segundo a CPRM (2021), Manacapuru apresenta níveis de cotas de referência (figura 16) bem definidos, estes são resultados de levantamentos topográficos e altimétricos da área, onde são abordadas temáticas como o relevo da região, profundidade da bacia, capacidade de escoamento, entre outros. Esse levantamento possibilita determinar em qual cota do rio o município se encontrará em estado de alerta, atenção ou emergência.

Figura 16: Níveis de Referência

Nível de Referência - Manacapuru (cm)		
Atenção	Alerta	Emergência
1490	1590	1960

Fonte: CPRM, 2021.

Os níveis de referência do município de Manacapuru permitem que sejam tomadas atitudes para diminuir possíveis prejuízos que ocorrerão em decorrência da cheia do rio, como a construção de pontes para a movimentação dos moradores, a realocação das estruturas como feiras, vendas e pequenos comércios, além da manutenção da rede de esgoto e drenagem na área, visando a diminuição dos impactos ao longo dos anos. Estas informações são disponibilizadas também para a comunidade civil, auxiliando os processos de adaptação e reorganização do espaço para o enfrentamento da cheia.

### 4.3. Índice de Vulnerabilidade

Durante a realização da pesquisa, os resultados obtidos acerca do Índice de Vulnerabilidade (IV) da área urbana do município de Manacapuru – AM constataram a estrita relação entre as áreas mais vulneráveis e as áreas que apresentam um alto risco de sofrerem com impactos das enchentes e inundações.

Os índices de vulnerabilidade foram divididos em quatro classes a partir do método de *Jenks*: baixa, média, alta e muito alta (quadro 9). Essa classificação é gerada de forma automática no *software* de mapeamento QGIS, possibilitando com que os resultados sejam espacializados dentro da divisão territorial dos setores censitários no mapa de IV do município.

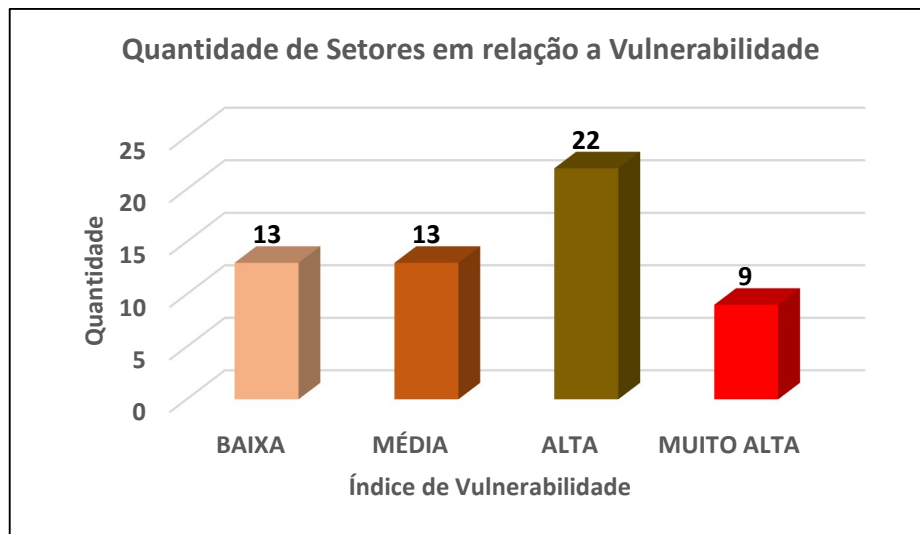
Quadro 9: Classificação do IV

Classes	IV
Baixo	0 – 0,38
Médio	0,39 – 0,56
Alto	0,57 – 0,75
Muito alto	0,76 - 1

Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

O município de Manacapuru possui 57 (cinquenta e sete) setores censitários urbanos distribuídos ao longo de 12 (doze) bairros. Fora notado que, em sua maioria, os setores se encontram na classe de vulnerabilidade alta, totalizando 22 (vinte e dois) setores, e apenas 9 (nove) classificados como muito alta, como podemos ver no gráfico 1. A escolha das variáveis utilizadas para o cálculo do IV, com base nos dados do censo do IBGE, se deu por serem representativas das três esferas que compõem a vulnerabilidade: demografia, educação e economia. (GOERL et al., 2012).

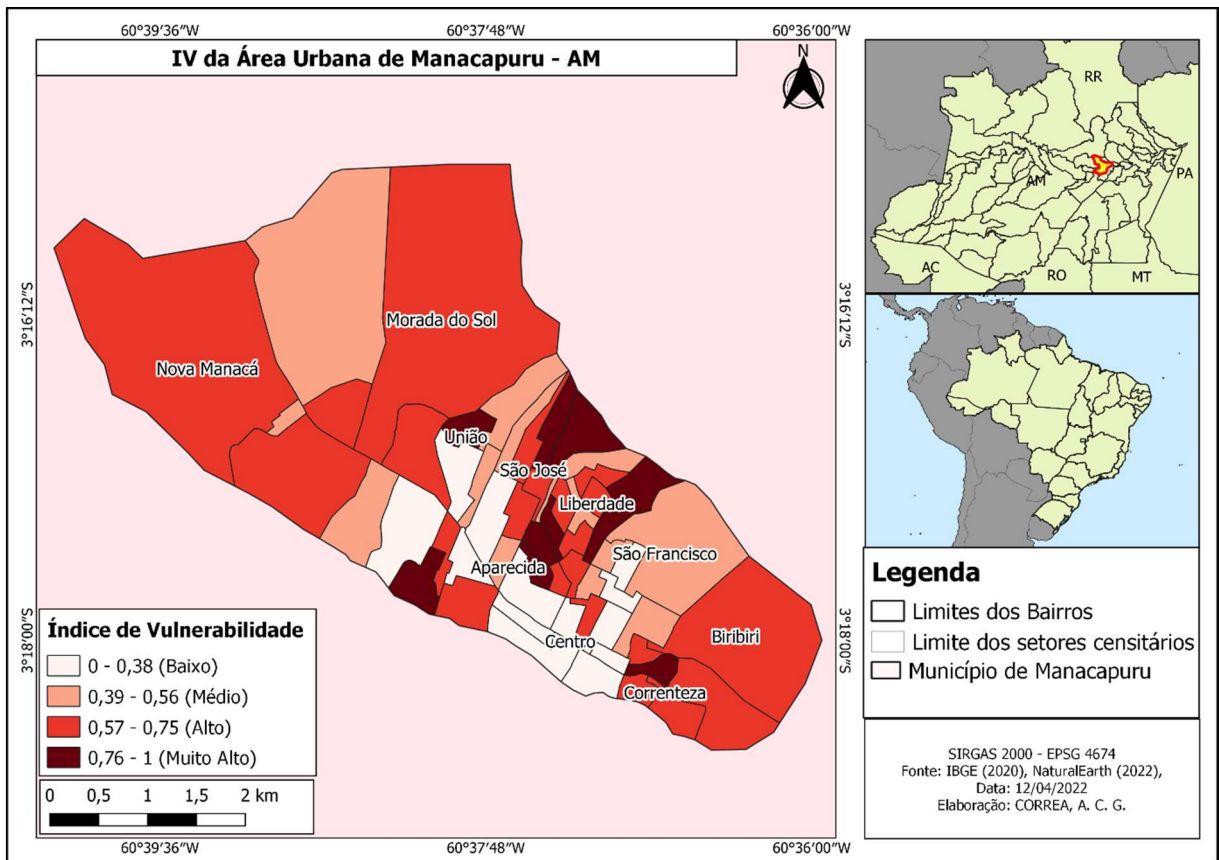
**Gráfico 1:** Quantificação dos setores



Fonte: IBGE, 2010.

Ainda sobre o IV, os bairros que possuem setores com uma alta vulnerabilidade são Centro, Liberdade, São José, Correnteza e União. Durante a busca e o desenvolvimento para obter êxito em um dos objetivos da pesquisa, foi possível realizar a produção do Mapa do Índice de Vulnerabilidade da área urbana de Manacapuru (figura 17), a fim de determinar os bairros e setores que possuem uma baixa capacidade de resposta caso sejam expostos a fenômenos naturais e eventos extremos.

Figura 17: Mapa do IV



Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

A mensuração dos índices de vulnerabilidade de uma região possui um papel importante durante as tomadas de decisão do poder público, tendo em vista que ele está diretamente ligado a questões sociais, econômicas e educacionais. Partindo dessa premissa, o Mapa do IV é um instrumento que auxiliará as ações de investimento da região, identificando as áreas que necessitam ser atendidas com urgência.

#### 4.4. Mapeamento das áreas inundadas – 2021 e 2022

O mapeamento das áreas inundadas durante a cheia histórica de 2021 e a atual cheia, de 2022, foi realizado a partir de registros fotográficos feitos com ARPs (*drone*) e com smartphones. O mapeamento é importante para identificar o local que a água alcança em determinada cota do rio Solimões, além de auxiliar no processo de produção do mapa das áreas suscetíveis a inundação no município com a coleta de coordenadas de pontos alagados.

Em 2021 o rio Solimões em Manacapuru registrou, no dia 17 de junho, cota de 20,86 cm. O mapeamento realizado neste ano foi no dia 10 de junho (figura 18), quando o rio estava com cota de 20,80 cm.

**Figura 18:** Registros da Cheia de 2021



Fonte: OLIVEIRA, M, D, C; CORREA, A, C, G. 2021.

Durante o sobrevoo, foi possível visualizar as áreas de planície de inundação do município, são as áreas adjacentes ao leito do rio as quais inundam em decorrência do aumento do nível das águas. Nas áreas mais centrais do município (figura 19), as águas atingem as ruas devido a ineficácia da rede de drenagem e esgoto da região, contribuindo para o transbordamento das águas e para a propagação de doenças como leptospirose e dengue.

As cheias em áreas urbanas causam prejuízos sociais, econômicos, sanitários e ambientais, a parcela da população que é atingida diretamente por esses prejuízos são as que apresentam um maior índice de vulnerabilidade, devido à baixa capacidade de resposta e de absorção das consequências geradas pelas enchentes e inundações.



**Figura 19:** Áreas centrais do município



Fonte: OLIVEIRA, M, D, C; CORREA, A, C, G. 2021

Em virtude da cheia, muitos moradores são prejudicados e precisam se adaptar à situação, construindo pontes, mudando a sua rota, entre outros, pois determinados locais ficam inacessíveis em função de onde a água atingiu.

No ano de 2022, no dia 9 de maio, o município de Manacapuru registrava cota de 19,61 cm, decretando Nível de Emergência. O mapeamento realizado neste dia (figura 20) contou com algumas restrições, não foi possível realizar registros fotográficos aéreos, o acesso às áreas foi prejudicado, assim não foram obtidos registros suficientes.

**Figura 20:** Registros da cheia de 2022



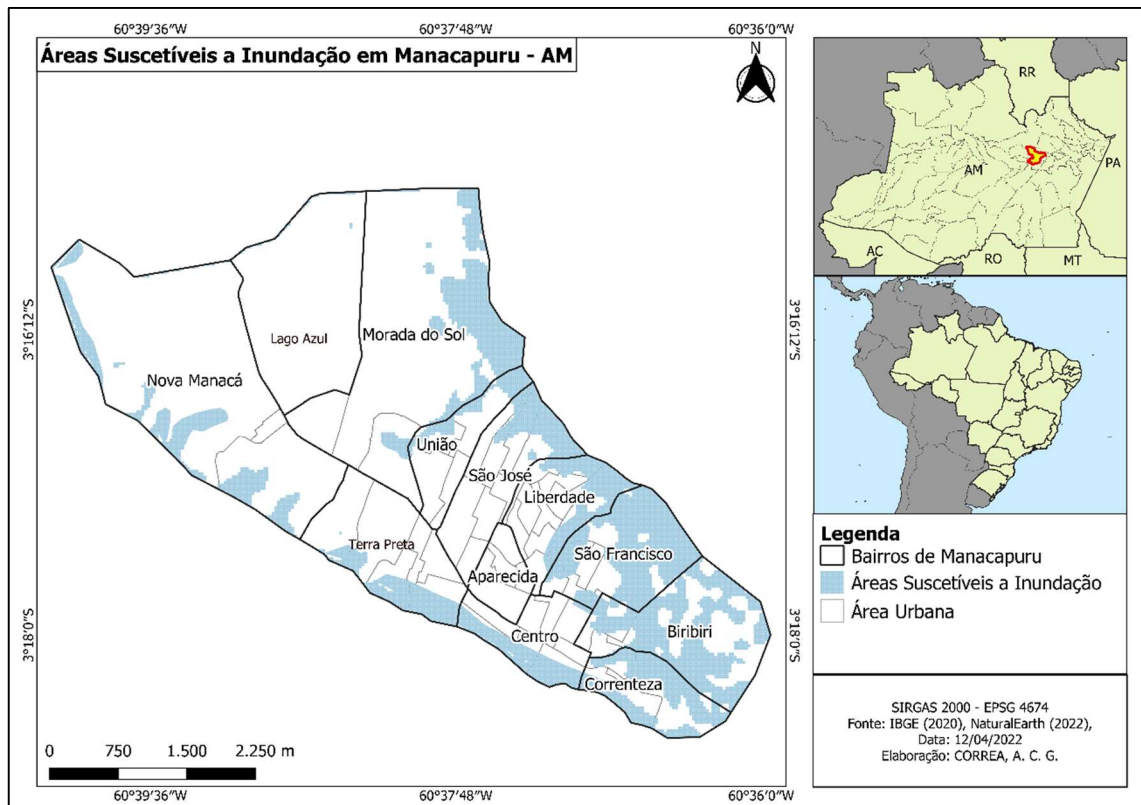
Fonte: CORREA, A. C. G. 2022

Estes permitem a visualização das estruturas construídas pelos órgãos gestores, possibilitando também uma amostragem das marcas das enchentes passadas nas paredes das casas, marcas nas calçadas, deterioração de ruas etc.

#### **4.5. Mapa das áreas suscetíveis a inundação**

As áreas que apresentam um perigo de serem inundadas, ou seja, que estão suscetíveis a sofrerem com as cheias dos rios, são as áreas onde anualmente as águas alcançam. A produção do mapa de perigo de enchente e inundação (figura 21) é resultado de procedimentos que envolvem imagens de satélites, tratamento de dados em softwares livres, cotas do rio, coordenadas de pontos dos locais inundados, voos com ARPs, etc.

**Figura 21:** Mapa das áreas que apresentam perigo de enchentes e inundações



Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022.

Após o processamento e tratamento dos dados constatou-se que, a partir da cota de 20 metros, setores nos bairros do Centro, Correnteza, Biribiri, São Francisco, União, Novo Manacá são atingidos pelas águas das cheias. Em determinadas áreas a água é oriunda somente dos rios Solimões e Miriti, em outras são águas proveniente da rede de esgoto da região que transbordam por não conseguirem suprir a demanda proveniente destes rios.

É necessário enfatizar que alguns setores apresentam um alto perigo por estarem localizados nas planícies de inundações do município, ou seja, essa elevação do rio é um processo natural, agravado pela interação direta do homem com o processo, acarretando uma série de danos para as famílias e para os imóveis alocados na área.

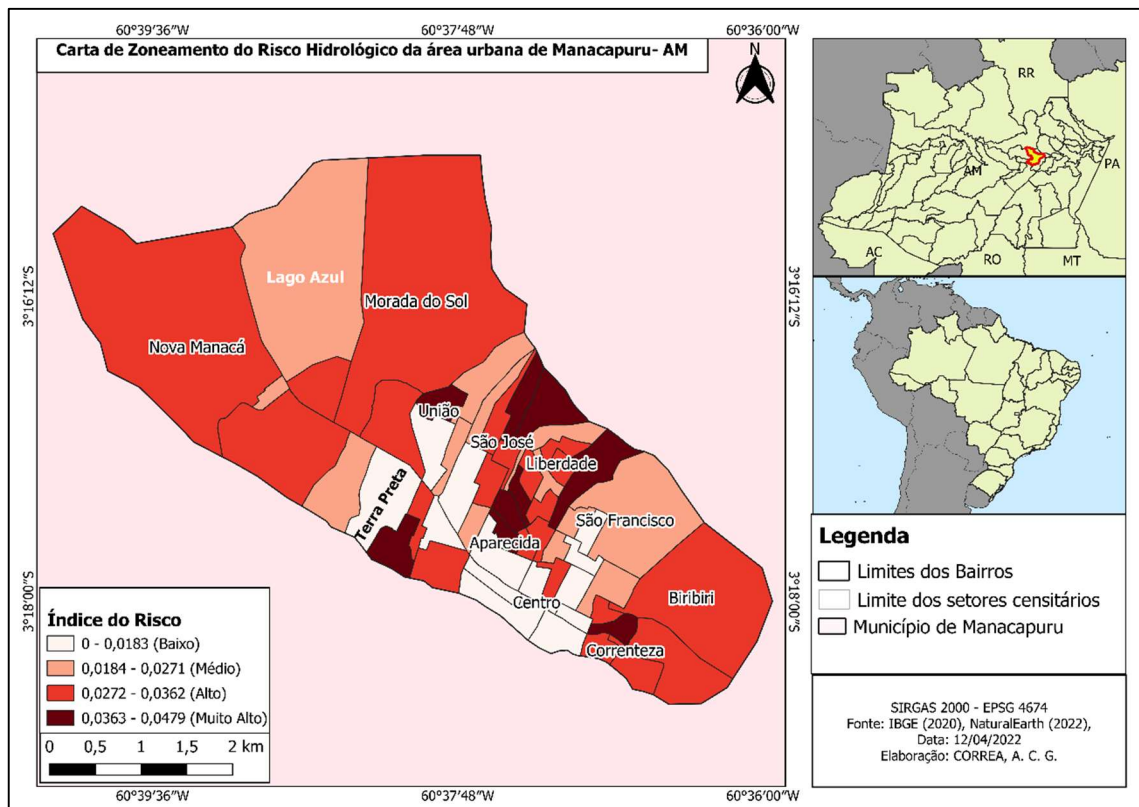
#### 4.6. Índice de risco

O risco é a percepção do perigo, traduz uma ameaça e existe somente quando uma sociedade ou comunidade está exposta a um eventual perigo. O risco é a relação direta entre o IV e o perigo de uma região, para Manacapuru o Índice de Risco foi



definido a partir do resultado do IV em relação às áreas inundadas do setor. Para a produção do mapa do índice de risco (figura 22) no município, foi utilizado também a classificação do método de *Jenks*, dividindo o risco em quatro classes: baixa, média, alta e muito alta.

**Figura 22:** Carta de Zoneamento do Risco Hidrológico de Manacapuru



Elaboração: CORREA, A. C. G. 2022

Ao longo da análise dos resultados, notou-se que o IV detém uma grande influência na determinação das áreas de risco da região, isso se dá pelo fato de que a vulnerabilidade determina se a população estudada conseguirá absorver as consequências de estarem expostas ao perigo da área. Logo, uma área vulnerável nas escalas econômicas, sociais e educacionais não conseguirá reverter os danos, sendo classificada como área de risco.

Os resultados mostram que os setores censitários classificados com o índice de alto risco estão distribuídos ao longo dos bairros: União, São José, Terra Preta, Liberdade, Aparecida e Correnteza. Destacando a relação entre o IV e o Risco, pois os bairros que apresentam um alto índice de vulnerabilidade estão classificados como áreas de alto risco.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os danos causados por desastres naturais nas áreas urbanas dos municípios atingem a população de forma direta ou indiretamente. No entanto, a parte da população mais afetada é a menos favorecida, que apresenta um alto nível de vulnerabilidade.

A análise e a definição das áreas mais vulneráveis do município de Manacapuru – AM, a partir dos dados demográficos da região, viabilizou o entendimento acerca da influência das características sociais em relação a capacidade que esta possui de absorver e se reestruturar após um evento extremo como as enchentes e inundações urbanas. A vulnerabilidade é o grau em que uma sociedade está exposta ou suscetível a sofrer com fenômenos de caráter natural.

O Índice de Vulnerabilidade (IV) do município de Manacapuru foi obtido através de dados oriundos do Censo Demográfico realizado no ano de 2010, onde foram analisados os aspectos sociais, econômicos, educacionais e familiares de cada setor censitário da área urbana do município. Estes aspectos refletem nas características da realidade da população, onde a vulnerabilidade pode ser visualizada e compreendida a partir das estruturas das moradias, da questão salarial, educacional, entre outros aspectos.

Os bairros da área urbana de Manacapuru – AM apresentam os quatro níveis de IV, estes distribuídos nos limites territoriais dos setores censitários definidos pelo IBGE. Os setores que apresentam um IV muito alto estão localizados nos bairros Centro, Liberdade, São José, Correnteza e União. É importante salientar que a classificação da vulnerabilidade ocorre a partir de variáveis na qual estão relacionadas às características sociais da região, podendo ser classificada também como áreas prioritárias para ações de investimentos e reorganização espacial.

Durante a análise, constatou-se que até mesmo áreas localizadas no núcleo central do município apresentam um alto IV, esse resultado é possível em virtude da influência das características sociais e econômicas do município estudado, onde a ausência de políticas públicas visando o aumento da qualidade de vida da população não alcança todas as esferas da população, nem mesmo as localizadas em áreas

centrais. Dessa forma, o IV se configura como uma ferramenta e um método assertivo de análise, para os órgãos competentes utilizarem como parâmetro durante as ações acerca da qualidade de vida da população.

O mapeamento das áreas suscetíveis e de perigo de enchentes permite a delimitação das áreas atingidas pelo fenômeno, antecedendo ou não a sua ocorrência. Possibilitando a organização e o uso correto do espaço, identificando também as regiões que necessitam de prioridade nas ações preventivas, visando a diminuição dos prejuízos gerados pelas enchentes e inundações.

Os produtos atingidos permitiram delimitar as áreas que estão sujeitas a sofrerem danos com os fenômenos anuais de enchente e inundações no município estudado, os bairros que contém áreas de perigo\suscetíveis a inundações são Centro, Correnteza, Biribiri, São Francisco, União, Novo Manacá. Algumas destas áreas estão localizadas nas planícies de inundações, que sofrem diretamente com a cheia dos rios, outras estão localizadas próximas às áreas centrais, que sofrem com a rede de drenagem precária e com a ausência de uma rede de esgoto que consiga suprir a necessidade do município.

Com as análises realizadas, há necessidade da implementação de novas redes de esgoto e drenagem na região, pois em decorrência da ineficácia destas a população está suscetível a sofrerem danos diretos com as enchentes e estão expostas a possíveis surtos de doenças ocasionadas por esse acúmulo de água nas ruas e dentro das casas. Além da urgência em desenvolver novos métodos de mitigação desses danos, com novas estruturas e projetos públicos visando a recuperação rápida da população diante do fenômeno.

A determinação dos índices de risco na área urbana de Manacapuru é resultado da relação entre o IV e as áreas que apresentam perigo de inundações, isto é, as áreas suscetíveis. Essa relação denota da premissa de que o risco existe somente com a presença de uma população eventualmente exposta a um perigo, ou seja, utilizando as enchentes como exemplo, quando estas ocorrem distantes da população e de áreas construídas, o risco é inexistente por serem um fenômeno natural decorrente da dinâmica fluvial da região, entretanto, quando próximas aos habitantes trazem consigo um risco de ocasionar prejuízos para os residentes da área.

Os resultados alcançados permitiram determinar que as áreas dos setores censitários que apresentam um maior risco no município de Manacapuru estão distribuídas nos bairros: União, São José, Terra Preta, Liberdade, Aparecida e Correnteza. Estes bairros também apresentam um alto IV, destacando a sua influência direta na determinação das áreas de risco de Manacapuru.

Diante das premissas apresentados, constata-se a necessidade iminente de ações para promover a melhoria de vida da população vulnerável e também de ações que visam uma melhor aplicação de medidas mitigadoras dos danos ocasionados pelas enchentes, como a realocação das pessoas que residem em áreas inundáveis para áreas que não são atingidas pelas águas, construções de barramentos acima da cota de 20 metros impossibilitando com que a água atinja as áreas mais próximas ao rio, entre outros métodos de contingência.

Os valores utilizados para a obtenção dos resultados expostos na pesquisa são oriundos do censo demográfico de 2010 em virtude do adiamento do Censo Demográfico de 2020, o qual seria essencial para a formulação de resultados mais coerentes com a realidade vista atualmente. A pesquisa alcançou os objetivos propostos e os resultados obtidos contribuem para a gestão de risco hidrológicos, subsidiando assim futuras ações preventivas e mitigadoras dos fenômenos das enchentes e inundações no município de Manacapuru.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO- ANA. **Catálogo de metadados**: Setores Censitários. Censo 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO- ANA. **Rede hidrometeorológica Nacional**: Sistema HIDRO – Telemetria. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/Mapa.aspx>. Acesso: 20 de março de 2022.

ALCÂNTARA-AYALA, I. Geomorphology, natural hazard, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. In. **Geomorphology**. 2002.

ANDJELKOVIC, I. **Guidelines on non-structural measures in urban flood management**. IHP, Technical Documents in Hydrology n. 50, UNESCO, Paris. 2001. 87p.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Departamento de Gestão Territorial – DEGET. **Ação Emergencial para Delimitação das Áreas de Risco Geológico de Alto a Muito Alto grau**. Iranduba – Amazonas. 2013.

BRASIL, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Sala de situação**. Disponível em: <http://meioambiente.am.gov.br/sala-de-situacao/>. Acesso: 20 de março de 2022.

CANNON, T.; TWIGG, J.; ROWELL, J. **Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters**. Department for International Development, 63 p. 2003.

CASTRO, A. L. C. **Manual de desastres: desastres naturais**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 174 p. 2003.

CHEN, K.; MCANENEY, J.; BLONG, R.; LEIGH R.; HUNTER, L.; MAGILL, C. Defining area at risk and its effect in catastrophe loss estimation: a dasymetric mapping approach. In. **Applied Geography**, v. 24, p. 97-117. 2004.

CRID - Centro Regional de Informacion sobre desastres). **Vocabulário controlado sobre desastres**. São José. 2001. Disponível em: [http://www.crid.or.cr/crid/esp/vocabulario\\_controlado.html](http://www.crid.or.cr/crid/esp/vocabulario_controlado.html). Acesso em: 17 de março de 2022.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. Edgard Blücher: São Paulo. 1980.

DA SILVA, Cláudio Santos; AFONSO, Sonia. Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas inundáveis em zonas urbanas: estudo de caso da zona urbana de Pelotas/RS. In. **Paisagem e Ambiente**, n. 24, p. 319-326, 2007.

DESCHAMPS, M.V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese (Doutorado) em Meio Ambiente e Desenvolvimento. UFPR, 155p. 2004.

ENOMOTO, C. F. **Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná.** 2004. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

GIRARDI, E. P.; **Proposição de uma cartografia geográfica crítica e sua aplicação no desenvolvimento do atlas da questão agrária brasileira.** Presidente Prudente – FCT, tese apresentada ao Departamento de Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da unesp – Campus de Presidente Prudente para a obtenção de título de doutor em geografia. 2008;

GOERL, R. F; KOBAYAMA, M; PELLERIN, J. R. G. M. Mapeamento de vulnerabilidade no município de Rio Negrinho-SC: uma proposta metodológica. In. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, 2011.

GOERL, R. F; KOBAYAMA, M; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: estudo de caso do município de Rio Negrinho–SC. In. **Boletim de Geografia**, v. 30, n. 1, p. 81-100. 2012.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos pluviais e desordenação do espaço urbano em Salvador.** In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. Clima Urbano. 2 ed. São Paulo: Contexto, 2013.

GREGÓRIO, L. T; SAITO, S. M; SAUSEN, T. M. Sensoriamento remoto para a gestão de risco de desastres naturais. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento Remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, p. 43-67. 2015.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. (ORG.). **Geomorfologia ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3° ed. 189 p. 2010.

GUERRA, A.J.T (Org) **Geomorfologia Urbana.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

GUERRA, A.J.T; GUERRA, A.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** Rio de Janeiro, 3° ed, 652 p. 2003.

HILL, A. A; CUTTER, S. L. Methods for Determining Disaster Proneness. In: CUTTER, S. L. (ed). **American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters.** Washington, D.C.: National Academy of Sciences, p.13-36. 2001.

HORTON, R, E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. In. **Geol. Soc. Amer. Bull.** v 56, n° 3, p 275-370. 1945.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios.** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. 176p. 2007.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives**. Preliminary version. Geneva, Switzerland: UN/ISDR. 2002.

ISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. **Visions of Risk: A Review of International Indicators of Disaster Risk and its Management**. London: Inter-Agency Task force on Disaster Reduction – Working Group 3. 73 p. 2004.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Introdução a Ciência da Geoinformação**. Relatório Técnico. São Jose dos Campos. 2001.

JORGE F. N.; UEHARA, F. N. Águas de superfície. In: OLIVEIRA A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Org.) **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, p.101-109. 1998.

KOBIYAMA, M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading. 2006.

KOBIYAMA, M; CHECCHIA, T; SILVA, R. V; SCHRÖDER, P. H; GRANDO, A. REGINATTO, G. M. P. Papel da comunidade e da universidade no gerenciamento de desastres naturais. In. **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1; 2004, Florianópolis, Anais**, Florianópolis: GEDN/UFSC. p. 834-846. 2004.

KOBIYAMA, M; SILVA, R. V; CHECCHIA, T; ALVES, A. Mapeamento de área de perigo com consideração do alcance da massa deslizada: estudo de caso. In. **Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, Anais**, Florianópolis: GEDN/UFSC, p.117-128. 2004.

KUHNEN, Ariane. Meio ambiente e vulnerabilidade a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. In. **Geografia**: Londrina, v. 18, n. 2, p. 37-52. 2009.

MARANDOLA, J; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade e riscos: entre geografia e demografia. Revista Brasileira de Estudos Populacionais. In. **Revista Brasileira De Estudos De População**, v 22, n° 1, 29–53. p. 29-53, 2005.

MARCELINO, E. V. Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. In. **Caderno didático**, v. 1, 34 p, 2008.

MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia (UFU)**, Uberlândia, v.7, n.17, p.72-84. 2006.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica: ciência e conhecimento científico, métodos científicos, teoria, hipóteses e variáveis**. São Paulo: Atlas, 5 ed. 2007.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (Coleção Geoprocessamento), v 1, 536 p. 2001.

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. **Riscos e Vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos**. GeoTextos, vol. 4, n. 1 e 2, p. 145-163, 2008

MENDONÇA, F. **Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, Editora UFPR, n. 10, p. 139-148. 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades/Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 241 p. 1991.

Onça/MG. 2006. Dissertação (Mestrado em Demografia) - CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

PELLING, M. **The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience**. London: Earthscan, 256 p. 2003.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO; IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013: o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal brasileiro**. Brasília: Pnud; Ipea; FJP, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MANACAPURU, AM. **História**. Disponível em: <https://www.manacapuru.am.gov.br/manacapuru-historia.php>. Acesso: 25 de março de 2022.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2º ed. 2013.

RADAM BRASIL. **Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Jaguaribe/Natal (levantamento de recursos naturais), folhas SB. 24/25, p 708-713.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM. **Relatório para estabelecimento de cotas de referência para alerta hidrológico em municípios da Amazônia Ocidental**. Manaus. 2021.

SHIDAWARA. M. Flood hazard map distribution. In. **Urban Water**, v.1, p.125-129, 1999.

SIDLE, R. C.; TAYLOR, D.; LU, X. X.; ADGER, W. N.; LOWE, D. J.; LANGE, W. P.; NEWNHAM, R. M.; DODSON, J. R. **Interactions of natural hazards and society in Austral-Asia: evidence in past and recent records**. National University of Singapore (monografia). 2004.



SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 140 p. 2003.

STEPHENSON, D. Integrated flood plain management strategy for the Vaal. **Urban Water**, v.4, p.425-430, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco, 2005.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: ABRHUFRGS. 943p. 2001.

TUCCI, C. E. M., PORTO, R., BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade/UFRGS-ABRH, Porto Alegre, 428p. 1995.

TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (ORG.) **Inundações Urbanas da América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 471 p. 2003.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. da M. **Avaliação e Controle da Drenagem Urbana**. Porto Alegre: UFRGS. 558p. 2000.

TUCCI, Carlos E. M; BERTONI, Juan Carlos (organizadores). **Inundações Urbanas na América do Sul**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Porto Alegre. 2003.

UMBELINO, G. J. **Proposta metodológica para avaliação da população residente em áreas de risco ambiental: o caso da bacia hidrográfica do Córrego do Onça/MG**. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG (dissertação de mestrado). 2006.

UN (United Nations). **Guidelines for reducing flood losses**. Geneva: UN. 83 p. 2004.

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 130 p. 2004.

VEYRET, Yvette. Os Riscos: **O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Contexto, São Paulo, 320 p. 2007.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Campinas, 143 p. 2004.

WINGE, M. *et. al.* **2001 - 2022 Glossário Geológico Ilustrado**. Disponível na em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>. Acesso: 12 de abril de 2022.