



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



Janine Trindade Pereira de Paula Batista

**OBTENÇÃO DE MAPAS DE INUNDAÇÃO A PARTIR DE
DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO: ESTUDO DE CASO
DA CIDADE DE PIRANGA-MG**

Ouro Preto

2022

OBTENÇÃO DE MAPAS DE INUNDAÇÃO A PARTIR DE DIFERENTES
TEMPOS DE RETORNO: ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE PIRANGA-MG

Janine Trindade Pereira de Paula Batista

Trabalho Final de Curso
apresentado como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de Engenharia
Ambiental na Universidade Federal de
Ouro Preto.

Data da aprovação: 21/10/2022

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Orientadora: Prof^a. D.Sc. Ana Letícia Pilz de Castro – UFOP

Co-orientador: Eng. Civil. Fernando César Soares Feliciano

Ouro Preto

2022



FOLHA DE APROVAÇÃO

Janine Trindade Pereira de Paula Batista

Obtenção de mapas de inundação a partir de diferentes tempos de retorno: Estudo de caso da cidade de Piranga - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de engenheira ambiental

Aprovada em 21 de outubro de 2022.

Membros da banca

[Dra.] - Ana Letícia Pilz de Castro - Orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto

[Dra.] - Marina Medeiro de Machado - Universidade Federal de Ouro Preto

[Dr.] - Hubert Mathias Peter Roeser - Universidade Federal de Ouro Preto

Ana Letícia Pilz de Castro, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/10/2022.



Documento assinado eletronicamente por **Ana Letícia Pilz de Castro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/10/2022, às 09:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0417649** e o código CRC **05308733**.

*“Crer no incrível,
Ver o invisível,
Receber o impossível”
- Autor desconhecido*

*Dedico este trabalho aos moradores do
Município de Piranga – MG e a minha
família que sempre esteve ao meu lado.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e ao universo, por colocar em meus caminhos oportunidades maravilhosas e pessoas tão especiais que me ajudaram e me ajudam a trilhar meu caminho com determinação, saúde e força para encarar os desafios.

Agradeço a minha esposa Joanadarc Luiza por nunca duvidar do meu potencial, por tornar mais leve e agradável os dias tempestuosos, pelas reflexões, por ser meu porto seguro e a todo o carinho e cuidado destinado a mim.

Agradeço aos meus pais Jussara Trindade e Junior Marcio por sempre me oferecem o amor mais singelo, por todos os ensinamentos sobre a vida, sobre me manter firme em meus objetivos e metas, por me prepararem para os mais diversos desafios. Também sou eternamente grata por todo o apoio que recebi dos meus irmãos Pedro Junior e Jádyla Trindade.

Agradeço aos meus avós, Maria Lucia, Lourdes Trindade e João Pereira por todas as orações, por todo o carinho, por serem meus pilares de integridade e amor. Bem como meus tios (em memória ao meu querido tio, Juliano Antônio) e primos, por estarem comigo nos momentos felizes, mas também nos momentos em que mais precisei de aconchego.

Também deixo meu agradecimento ao grupo PET, aos Professores Aníbal da Fonseca e Ana Letícia por todo conhecimento a mim concedido. Aos meus companheiros de estudo, Fernando Ítalo e Luan Soares que sempre dividiram esta bagagem comigo.

Sou eternamente grata as oportunidades que a vida me apresentou, aos novos horizontes que avistei, aos colegas e professores que fizeram parte da minha vida durante este período e aos novos desafios que ainda ei de encarar.

RESUMO

O êxodo rural ocorreu no Brasil na segunda metade do sec. XX, desencadeando mudanças na sociedade, neste período, uma grande parte da população rural se introduz nos centros urbanos em busca de melhores condições de vida. As cidades não estavam preparadas para acomodar tantas pessoas em um curto período de tempo e devido à falta de infraestrutura, os moradores vêm sofrendo com os desastres naturais, como as enchentes, tratado neste estudo. Neste trabalho foi modelada a mancha de inundação para o município de Piranga, pertencente ao estado de Minas Gerais que vem sofrendo com enchentes ao longo dos anos. Este, é reflexo da ocupação sem planejamento que ocorreu ao longo do Rio Piranga, deixando de respeitar as leis voltadas para ocupação urbana, exemplo deste é a ocupação em área de Preservação Permanente (APP) em que se deveria respeitar o distanciamento de 50 metros para ambos os lados do rio. O trabalho foi iniciado pela caracterização da área em questão, que prosseguiu com a análise de frequência de vazões, optou-se pelo melhor ajuste do método estatístico, obtenção das vazões para diferentes períodos de retorno e pôr fim a modelagem hidráulica com os tempos de retorno determinados, gerando as diferentes manchas de inundação para o município do Piranga - MG. Foi modelado a mancha de inundação para os tempos de retorno (TR) de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, em todas as modelagens há residências afetadas pela mancha de inundação, com área afetada variando de 0,4 a 0,82 km², com lâmina d'água alcançando de 5,97 a 7,9 metros de altura. Alturas estas, condizentes com o monitoramento realizado pela população residente no município ao longo dos anos.

Palavras-chaves: Êxodo rural. Piranga - MG. Enchente. Georreferenciamento. Modelagem hidráulica. Mancha de Inundação.

ABSTRACT

The rural exodus took place in Brazil in the second half of the sec. XX, triggering changes in society, in this period, a large part of the rural population is introduced in urban centers in search of better living conditions. Cities were not prepared to accommodate so many people in a short period of time and due to the lack of infrastructure, residents have been suffering from natural disasters, such as floods, addressed in this study. In this work, the flood spot for the municipality of Piranga, belonging to the state of Minas Gerais, which has been suffering from floods over the years, was modeled. This is a reflection of the unplanned occupation that took place along the Piranga River, failing to respect the laws aimed at urban occupation, an example of this is the occupation in a Permanent Preservation Area (APP) in which the distance of 50 meters should be respected both sides of the river. The work started with the characterization of the area in question, which continued with the analysis of the frequency of flows, opting for the best adjustment of the statistical method, obtaining the flows for different return periods and putting an end to the hydraulic modeling with the return times. determined, generating the different flood spots for the municipality of Piranga - MG. The flood spot was modeled for the return times (TR) of 2, 5, 10, 20, 50 and 100 years, in all models there are residences affected by the flood spot, with affected area ranging from 0.4 to 0.82 km², with water depths ranging from 5.97 to 7.9 meters in height. These heights are consistent with the monitoring carried out by the population residing in the municipality over the years.

Keywords: Rural exodus. Piranga - MG. Flood. Georeferencing. Hydraulic modeling. flood spot.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico	22
Figura 2- Cenários de infiltração da água	23
Figura 3- Impacto da impermeabilização	24
Figura 4- Esquema da seção do rio	25
Figura 5- Mapa de localização do município de Piranga	32
Figura 6- Mapa de localização da área de estudo	34
Figura 7- Mapa Uso e ocupação do Solo em 2021	35
Figura 8- Localização da estação fluviométrica 56028000	37
Figura 9- Delimitação da malha	40
Figura 10- Delimitação da área de APP	41
Figura 11- Elevação do local de estudo	43
Figura 12- Gráfico de elevação do canal do Rio	43
Figura 13- Ponto assoreado no curso do Rio	44
Figura 14- Mapa de declividade	45
Figura 15- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 2 anos	46
Figura 16- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 2 anos	46
Figura 17- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 5 anos	47
Figura 18- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 5 anos	47
Figura 19- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 10 anos	48
Figura 20- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 10 anos	48
Figura 21- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 20 anos	49
Figura 22- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 20 anos	49
Figura 23- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 50 anos	50
Figura 24- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 50 anos	50
Figura 25- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos	51
Figura 26- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 100 anos	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- População rural e urbana no período de 1960 a 2010.....	16
Tabela 2- População do município de Piranga - MG	33
Tabela 3- Uso do Solo em 2021	35
Tabela 4- Valores adotados para o coeficiente de Manning	36
Tabela 5- Classes de declividade	36
Tabela 6- Dados históricos de fluviometria da estação 56028000.....	38
Tabela 7- Valores de vazão para diferentes períodos de retorno	39
Tabela 8- Área referente a mancha de inundação.....	52

Sumário

1 - INTRODUÇÃO	13
2 - OBJETIVO GERAL.....	15
2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 - Urbanização nas cidades	16
3.1.1 - Contexto histórico da migração do campo para as cidades;	16
3.1.3 - Impactos negativos no meio ambiente causados pela urbanização; ...	18
3.2 - Planejamento das cidades;.....	19
3.2.1 - Consequências da falta de planejamento nas cidades;.....	21
3.3 - Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica;	21
3.3.1 - Impactos da urbanização no ciclo hidrológico;	23
3.4 - Georreferenciamento e sensoriamento remoto	25
3.5 - Modelagem;.....	27
3.5.1 - Regime de escoamento.....	27
3.5.2 - Coeficiente de Manning.....	27
3.5.3 - Tempo de Retorno (TR).....	28
3.5.4.- Distribuição de probabilidade Gumbel	28
3.5.5 - Programa HEC-RAS.....	29
3.6 - Drenagem urbana;.....	30
4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 - Caracterização da área de estudo.....	32
4.2 - Processamento dos dados	33
4.2.1- Delimitação da área de estudo utilizando QGis.....	33
4.2.2 - Demarcação do rio que corta o município de Piranga	33
4.2.4 - Coeficiente de Manning.....	35
4.2.5 - Classificação de declividade.....	36
4.3 - Dados fluviométricos de séries históricas.....	36
4.3.1 - Modelo estatístico de probabilidades.....	39
4.4 - Software HEC-RAS	39
4.4.1 - Condições de contorno.....	39
5 - RESULTADOS	41
5.1 - Delimitação da área de APP.....	41

5.2 - Mapeamento da elevação e declividade da área de estudo.....	42
5.3 - Modelagem da mancha de inundação.....	45
6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
7 - BIBLIOGRAFIA.....	58

1 - INTRODUÇÃO

A revolução industrial desencadeou diversas mudanças na sociedade, uma delas foi o êxodo rural, no Brasil com início na segunda metade do séc. XX, neste período, uma grande parte da população rural se introduz nos centros urbanos em busca de melhores condições de vida. Essas pessoas começaram a ocupar preferencialmente o entorno dos rios e áreas periféricas. A infraestrutura existente não estava preparada para tal aumento populacional, pois até então apenas uma pequena parcela da sociedade residia nos centros urbanos.

No ano de 1950 a taxa de urbanização do país era de 36,16%, já no ano de 1971 esse valor subiu para 55,90% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE ,2010) e atualmente essa porcentagem alcança 84,72% (IBGE, 2015). A ocupação desordenada em locais impróprios, sem planejamento e de infraestrutura precária com o mínimo de saneamento básico alterou significativamente todo o ciclo natural do ambiente, impactando na qualidade das águas, impermeabilização no solo, perda da cobertura vegetal, aumento da vazão dos rios, entre outros. Essas alterações no ambiente trouxeram graves consequências para a sociedade, uma delas foi a intensificação dos desastres naturais desde então.

Para o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais desastres naturais são consequências de eventos adversos que causam grandes danos a sociedade, estes, como o próprio nome já diz, acontecem naturalmente, exemplo disso são os deslizamentos de encostas, cheia dos rios, processos erosivos, furacões, abalo sísmico, etc. A ação antrópica sobre o meio ambiente tem o poder de aumentar a ocorrência, magnitude e a intensidade destes desastres, gerando significativas perdas para as pessoas que vivem no entorno.

Nos últimos anos estes desastres naturais vêm ocorrendo com mais frequência no Brasil, que aparece entre os 15 países do globo com a maior população exposta ao risco de inundação de rios (Organização das Nações Unidas ONU, 2020). A falta de planejamento, a ocupação em áreas irregulares como margem de rio, impermeabilização de grandes centros urbanos, impedindo a infiltração da água, são fatores que contribuem para as enchentes, responsável por gerar grande estresse no meio urbano.

O processo de urbanização traz consigo a modificação das condições de infiltração do solo pela impermeabilização, decorrente do uso e ocupação do solo por edificações, estradas, praças, ruas, etc. Assim, a área de infiltração das águas pluviais diminui consideravelmente, ocasionando um aumento dos volumes de escoamento superficial. As enxurradas podem danificar ou destruir habitações pelo carreamento de sedimentos e pedras. Destaca-se que as regiões onde a urbanização não foi planejada são mais suscetíveis aos fenômenos citados, em decorrência de estruturas e serviços precários (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada IPEA, 2020).

Devido a esta problemática, surge a necessidade de conhecer quais áreas são afetadas pelas cheias no rio, para que assim seja possível fazer intervenções nos centros urbanos, a fim de minimizar os impactos causados, diminuindo, então a probabilidade das enchentes.

O município de Piranga – MG vem sofrendo ao longo dos anos com sucessivas enchentes. Visando auxiliar a população na tomada de decisão e no melhor planejamento urbano, se faz necessário conhecer a mancha de inundação, bem como a altura atingida pela lâmina d'água.

Diante deste cenário, este trabalho visa modelar vazões para diferentes tempos de retorno a fim de analisar a mancha de inundação em um trecho do Rio Piranga no Município de Piranga - MG.

2 - OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é modelar diferentes cenários utilizando a vazão de variados tempos de retorno (TR) em um trecho do Rio Piranga no Município de Piranga - MG.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análise de frequência de vazão da região;
- Caracterizar o local de estudo;
- Modelar diferentes cenários de eventos de vazão e as manchas de inundação geradas;

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Urbanização nas cidades

A urbanização na maior parte do Brasil, ocorreu de forma irregular e sem o devido planejamento a fim de evitar transtornos à população. Alguns desastres naturais enfrentados, poderiam ser evitados ou ter menor magnitude na vida das pessoas impactadas. Neste sentido, este tópico irá abordar os seguintes temas: êxodo rural, planejamento das cidades, ciclo hidrológico, drenagem, modelagem hidrológica e hidráulica, bem como os impactos associados.

3.1.1 - Contexto histórico da migração do campo para as cidades;

No Brasil, a maior parte da população residia em zona rural, tendo a base da economia fundada no extrativismo, produção agrícola com a criação de animais até metade XX, quando em curto período de tempo a população migrou para os centros urbanos, alterando a base da economia, que transitava de agroexportadora para industrializada como mostra na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1- População rural e urbana no período de 1960 a 2010

ANO	POPULAÇÃO RURAL	POPULAÇÃO URBANA	POPULAÇÃO RURAL (%)	POPULAÇÃO URBANA (%)
1960	38.767.423	31.303.034	55,3	44,7
1970	41.037.586	52.097.260	44,1	55,9
1980	38.573.725	80.437.327	32,4	67,6
1990	36.110.443	108.714.709	24,9	75,1
2000	31.845.211	137.953.959	18,8	81,2
2010	29.830.007	160.925.732	15,6	84,4

Fonte: IBGE, censo agropecuário, 2010

Com a automatização das técnicas no campo a relação homem-campo sofreu drásticas mudanças, pois o capitalismo começou a predominar e assim os camponeses ficaram sem espaço, sendo obrigados a procurar outras fontes de renda. Um dos gatilhos que contribuiu para o êxodo rural no Brasil teve raízes com a modernização de técnicas utilizadas no campo, situação em que pequenos agricultores, sem condições de se adequar a essas novas tecnologias, acabam em desvantagem, arrendando ou vendendo suas propriedades para proprietários maiores, intensificando a concentração fundiária (CASAGRANDE, 2012) .

Ainda segundo o autor, diante dessa situação, as pessoas procuram melhores condições de vida nos centros urbanos, em que muitas vezes foram atraídos pela falsa ilusão que as cidades despertam.

O grande investimento na área rural por parte dos investidores acabou excluindo os menos favorecidos do campo, local onde passaram maior parte da vida até então. Em meados da década de XX houve a valorização dos centros urbanos pelo êxodo rural, na fuga dos jovens a procura de novas oportunidades e novas perspectivas de vida.

Para Buainain, (2015) a falta de inclusão gerou grandes prejuízos, sejam eles sociais, econômicos e culturais em que as pessoas que detém uma menor renda são mais lesadas, seja pela falta de oportunidade, falta de serviços básicos, como o saneamento, desestimulação e desinteresse pelo campo, dificuldades financeiras ao se inserir nos centros urbanos, além da transição cultural, pois continuar com a mesma rotina e mesmas hábitos se torna inviável.

No Brasil as indústrias se instalaram inicialmente nas áreas centrais das grandes cidades, principalmente na região Centro-Sul do país, em espaços mais próximos do mercado consumidor, da gestão pública e dos terminais de transportes, buscando economias de escala (SOUTO; SOUSA JR; LIMA JR, 2019).

O êxodo rural foi uma clara evidencia do pouco incentivo/investimento por parte dos governantes de nosso país, voltado para a solução de problemas responsáveis por desencadear a desvalorização do meio rural e a valorização do urbano, sem medir as consequências na falta de infraestrutura das cidades (MANFRÉ, 2021).

As fábricas se localizavam preferencialmente próximas às rodovias, ferrovias e corpos hídricos, pela facilidade de enviar seus produtos ao destino final, captação de água e desague de efluente. As pessoas com maior poder de compra residiam nos centros urbanos, com isso os ex-moradores da zona rural foram obrigados a ocupar as zonas mais periféricas.

Esta segregação de ambientes para moradia se desenvolveu baseado em condições financeiras, gerando um modelo de cidade polarizada, segundo o qual as camadas da população se concentravam em extremos opostos (LACERDA, 2013).

3.1.3 – Impactos negativos no meio ambiente causados pela urbanização;

A ocupação de terras sem o devido planejamento impacta dentre outras coisas, na dinâmica hídrica local, em grande escala, os municípios que estavam sendo habitados, não estavam preparados para essa brusca expansão. Sem nenhum planejamento, as áreas periféricas foram ocupadas por meio de invasões de terras públicas e privadas, de loteamentos clandestinos e de conjuntos habitacionais, muitas dessas áreas ocupadas irregularmente dotavam de infraestrutura precária, com descarte de esgoto e resíduos a céu aberto.

A ocupação sem planejamento desencadeou impactos negativos a saúde humana e ao meio ambiente. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), a saúde é definida como o completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença.

Diante desta definição a saúde está diretamente ligada ao meio ambiente equilibrado, dados divulgados pelo Ministério da Saúde afirmam que para cada R\$ 1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$ 4,00 na saúde pública (Conferência Nacional dos Bispos do Brasil CNBB, 2015). O saneamento básico, saúde pública e de degradação do meio ambiente estão interligados em causa e consequência, a deficiência do saneamento desencadeia a degradação do meio ambiente, impactando nas bacias hidrográficas e no surgimento de novas doenças. Segundo a Agência Brasil, (2021) o Sistema Nacional Informações sobre Saneamento (SNIS) mapeou 273.403 interações decorrentes de doenças por veiculação hídrica no ano de 2019.

Já os danos ao meio ambiente, se estendem por vários temas, como contaminação de águas superficiais e subterrâneas, morte de animais, contaminação do solo, extinção de espécies, entre várias outras. O desenvolvimento das cidades e, por conseguinte, da vida urbana é responsável pela construção errônea da ideia de descarte. Ao deixarmos o lixo para a coleta, apertarmos a descarga dos sanitários ou descartarmos algum produto cria-se a impressão de que aquele “problema” desapareceu e que estamos livres (FERREIRA; GARCIA, 2017).

3.2 - Planejamento das cidades;

As questões legais são imprescindíveis, servindo para padronizar, orientar, organizar e mitigar futuros problemas. A organização, o planejamento e execução de atividades se fazem necessárias, adequando os estudos e análises a uma só perspectiva, do ponto de vista técnico e jurídico.

O processo de democratização no país, tendo como marco institucional e legal a Constituição Brasileira de 1988, propiciou a organização de uma ordem legal urbana configurando o direito urbanístico brasileiro (LIBÓRIO; SAULE, 2017), essa ação se tornou necessária pelos diversos problemas advindos do avanço da urbanização desenfreada nas cidades. Devido à especificação imposta pela Constituição que o planejamento urbano agora teria caráter municipal e que este deve elaborar as políticas de ordenamento e gestão do município é que surge outro importante agente neste cenário, o Plano Diretor Municipal (PDM), que cria diretrizes para este ordenamento, embasado também no Estatuto da Cidade (Lei 10.257/2001), que veio regulamentar e dar especificidades do modo que ocorreria este ordenamento

“Incumbe aos Municípios fixar, por meio dos seus respectivos Planos Diretores – editados por meio de lei municipal e obrigatórios para cidades com população superior a vinte mil habitantes – as exigências fundamentais de ordenação da cidade (CF, art. 182, § 2º) bem como delimitar as áreas em que o Poder Público municipal poderá exigir, mediante lei específica, nos termos da lei federal, o adequado aproveitamento do solo urbano não edificado, não utilizado ou subutilizado, por meio da aplicação sucessiva dos instrumentos enumerados no art. 182, § 4º, da Constituição, a saber: notificação para parcelamento, edificação ou utilização compulsórios, imposto predial e territorial progressivo no tempo e desapropriação-sanção. Reputa-se, assim, cumprida a função social da propriedade na medida em que o proprietário dê ao imóvel urbano o devido aproveitamento, conforme as exigências fundamentais de ordenação da cidade apontadas pelo Plano Diretor (CF, art. 182, § 2º) (LIBÓRIO; SAULE, 2017).”

O estatuto das cidades (EC) (Lei Federal nº 10.257/2001) também é um importante instrumento para o ordenamento dos centros urbanos, é importante salientar que foi criado no ano de 2001, quando o problema da ocupação desordenada já estava instaurado no Brasil, logo, este veio com o intuito de minimizar os graves problemas já existentes acerca da ocupação do homem na zona urbana, nas áreas periféricas.

Este estatuto foi um marco na organização dos centros urbanos que contou com a participação da população, representando uma conquista popular da organização de entidades civis e movimentos sociais, pois tiveram suas reivindicações colocadas em pauta para melhoria das cidades (PÓLIS, 2002) .

Já o zoneamento compõe o planejamento urbano, este divide o espaço e fornece diretrizes para o uso do solo em determinado local, sendo aplicado para cada região levando em consideração suas peculiaridades. De acordo com (SILVA, 2018) o zoneamento é um procedimento urbanístico que regula as atividades desenvolvidas no solo e separa as parcelas para que determinada atividade se desenvolva, levando em consideração o interesse e o bem estar da população, as atividades incômodas também devem ter um local destinado de forma a lesar menos possível a população. O zoneamento, tem por caráter ser amplo, e não deve favorecer interesses particulares dos moradores “o zoneamento consiste num conjunto de normas legais que configuram o direito de propriedade e o direito de construir, conformando-os ao princípio da função social” .

Observando as consequências do crescimento urbano nas cidades durante as últimas décadas, o zoneamento é uma ferramenta necessária para mitigar os impactos já existentes, uma vez que a mancha urbana atinge vasta área, incluindo locais perigosos (LINHARES, 2020).

A lei 14.285/2021 que alterou o Código Florestal (Lei da Vegetação Nativa) é fundamental no desenvolvimento das cidades quando se trata de delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APP), onde conforme estabelecido no artigo 4º a metragem mínima a ser respeitada entre a margem do rio e as edificações é de:

- 30 metros de distanciamento para cursos d’água de até 10 metros de largura.
- 50 metros de distanciamento para cursos d’água de 10 a 30 metros de largura
- 100 metros de distanciamento para cursos d’água de 50 a 200 metros de largura
- 200 metros de distanciamento para cursos d’água de 200 a 600 metros de largura
- 500 metros de distanciamento para cursos d’água superiores a 600 metros de largura

Mas pela falta de fiscalização do poder público ou até mesmo desconhecimento desta, atualmente diversas edificações estão inseridas em áreas de APP, sobretudo em áreas propensas a alagamentos, gerando grandes perdas a população.

3.2.1 - Consequências da falta de planejamento nas cidades;

O elevado aumento da população urbana ocorreu de forma não harmoniosa agravando carências de infraestrutura, serviços e habitação, gerando preocupações ao poder público e diminuição da qualidade de vida da população. População com menor poder aquisitivo que, apesar de representar a parcela majoritária do crescimento, poucas vezes tiveram seu lugar contemplado na expansão urbana (GEORGE; GORDON, 2010).

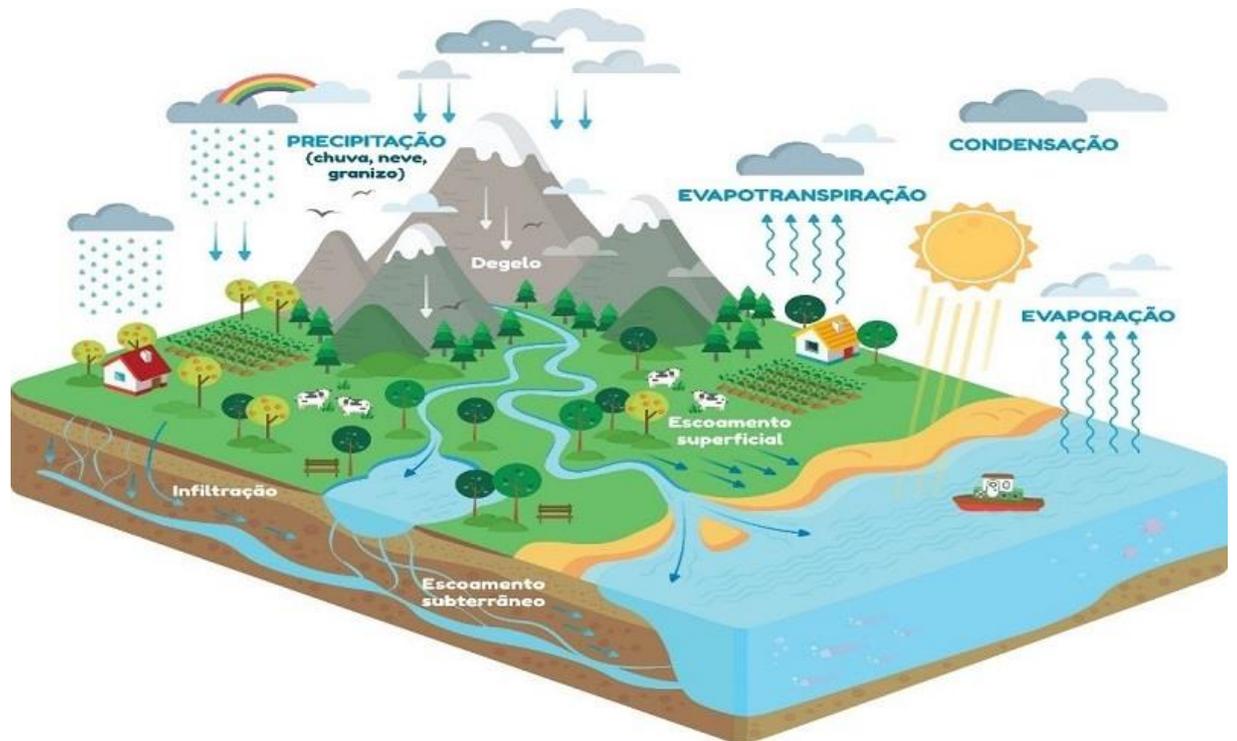
Ainda para o autor, houve falha na visão técnica dos governantes para com a sociedade, pois estavam mais focados em atender a parcela mais rica da sociedade, deixando de lado problemas com grande impacto na sociedade, limitando o crescimento urbano. Muitos dos problemas ambientais poderiam ser evitados com uma postura proativa do poder público em conjunto com a sociedade a fim de reordenar o território sem favorecer apenas um grupo. Essa ideia vai de encontro a reduzir a desigualdade secular existente no país.

3.3 – Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica;

De acordo com o serviço Geológico do Brasil (CPRM) o ciclo hidrológico pode ser definido como: um sistema responsável por recircular a água do oceano para a atmosfera, passando pelos continentes e retomando para a parte superficial, subterrânea ou para os oceanos. Os elementos climáticos responsáveis para esse sistema funcionar são os ventos, a temperatura do ar, insolação e umidade relativa do ar, “esse ciclo é governado no solo e subsolo pela ação da gravidade, bem como pelo tipo e pela densidade de cobertura vegetal; e a atmosfera e superfícies líquidas (rios, lagos, mares e oceanos) ”.

Como mostrado na Figura 1 este processo de transformação e movimentação da água tem como principal fonte de energia o sol que aquece a superfície e desencadeia todo o processo descrito na figura abaixo.

Figura 1 - Ciclo hidrológico



Fonte: Empresa Portuguesa das Águas Livres (EPAL)

Este processo não possui uma limitação de início e fim, pelo fato de ser cíclico, mas é comum marcar a evaporação da água dos oceanos, lagos, rios e das superfícies úmidas expostas, como sendo o ponto de partida, seguido pela precipitação das gotículas de ar que se concentraram em camadas mais altas e formaram as nuvens, e, em decorrência das movimentações das massas de ar, descem para a superfície terrestre na forma de chuvas, neve, granizo, orvalho, dentre outras (BARBOSA JR., 2015).

A água é um bem limitado e essencial à vida de toda biodiversidades na Terra. É através do Ciclo Hidrológico que ocorrem a variação climática, a criação de condições para a vida do Homem, das plantas e dos outros animais, a purificação e circulação de água nos rios, lagos e oceanos (EPAL).

Já o conceito de bacia hidrográfica segundo o (TUCCI, 2002) é um sistema físico em que a entrada é o volume de água precipitado e a saída é tida como o volume de água escoado pelo exutório, pela força da gravidade.

As bacias hidrográficas são responsáveis pelo fornecimento de água, além de ser vinculada diretamente a sobrevivência dos seres vivos que dela se servem, entre

si e com o ambiente, incluindo as populações humanas (Comitê da Bacia do Rio São Francisco CBHSF,2022).

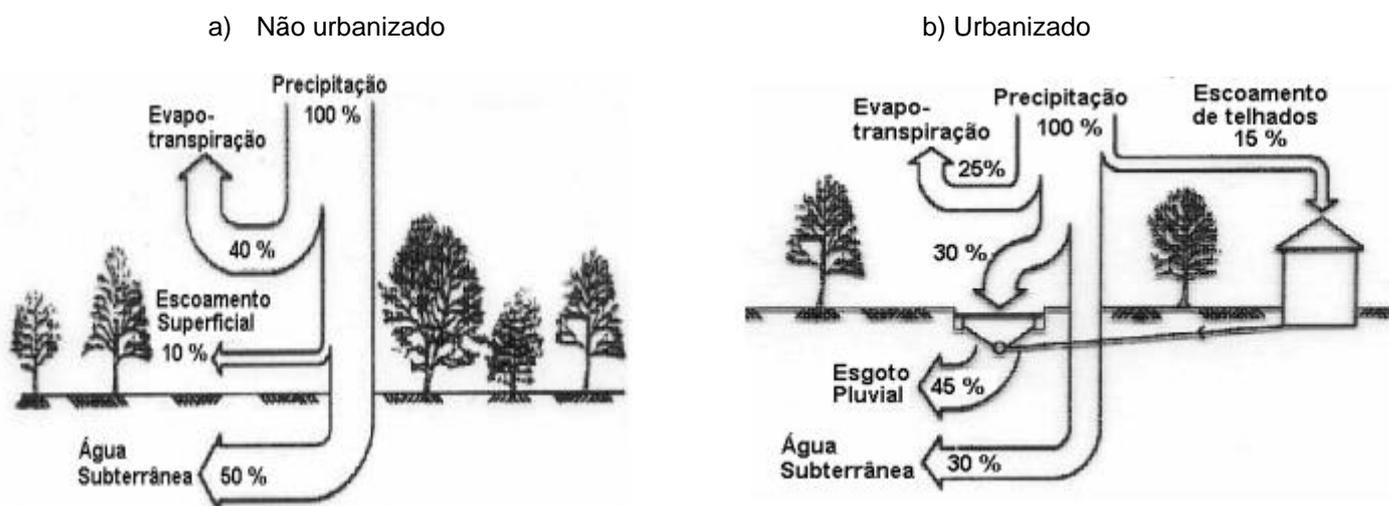
Para (BARBOSA JR., 2015) a bacia hidrográfica drena toda a vazão existente no sistema para o curso d'água conectado ao exultório (fóz ou desembocadura), descarregando ali, toda a vazão escoada na área.

3.3.1 – Impactos da urbanização no ciclo hidrológico;

A urbanização é uma importante variável a se considerar no ciclo hidrológico, este é responsável pelas diversas formas de utilização do solo, entre elas a impermeabilização que diminui significativamente a parcela de água infiltrada o solo. A impermeabilização pode se dar pela colocação de telhados, concreto lançado no solo e pavimentação, alterando a dinâmica de infiltração da água que passa a escoar.

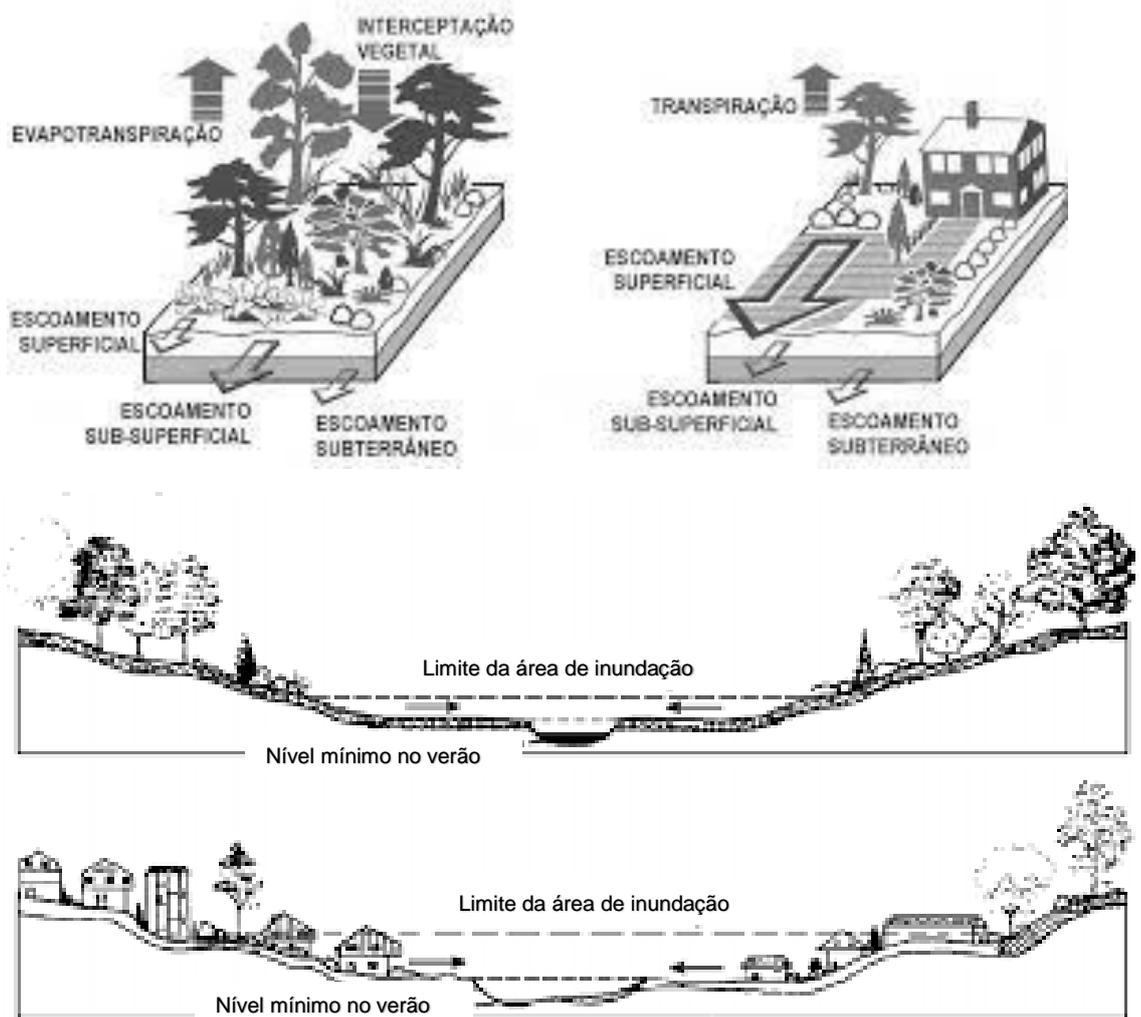
Pela figura 2 e figura 3, é possível observar que após a urbanização a vazão de pico é bem superior, isso ocorre, pois, a água encontra resistência na infiltração e escoar com maior velocidade e maior volume.

Figura 2-Cenários de infiltração da água



Fonte: TUCCI, 2005

Figura 3- Impacto da impermeabilização



Fonte: Tucci, 2005

Nesta condição de urbanização em que uma maior parcela da água é escoada, há uma maior chance de que ocorra desastres naturais e também a diminuição o nível dos lençóis freáticos.

Os impactos ambientais desencadeado pela impermeabilização do solo passam pelas erosões, assoreamento do canal de drenagem, transporte de poluentes, escorregamento de terra de encostas, má qualidade da água, além de enchentes, comprometendo a qualidade ambiental (TUCCI, 2005).

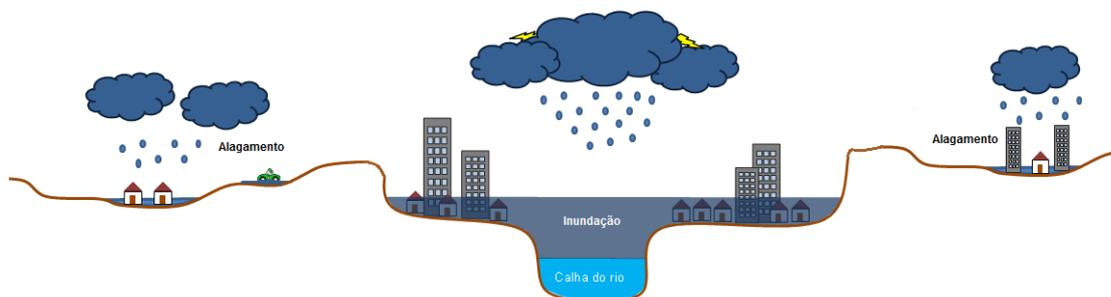
Pela figura 3 é possível observar a ocupação próxima a calha de rios, isso é possível pois em épocas de seca o mesmo tem seu volume diminuído e por consequência, menor vazão, mas em época chuvosa o volume é aumentado e este

ocupa sua área natural de cheia, o que denominamos enchente, gerando transtorno aos moradores ribeirinhos. Importante ressaltar que inundação é o processo em que ocorre submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água, em zonas que normalmente não se encontram submersas (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais CEMADEM, 2016).

Já os alagamentos são caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana, acarretando no acúmulo de água nas infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas (CEMADEN, 2016).

Pela Figura 4 é possível visualizar as áreas de enchentes, alagamento e inundação

Figura 4- Esquema da seção do rio



Fonte: AquaFluxus

De acordo com TUCCI (2005), a ocupação em margens de rios, geram significativas perdas a sociedade desde a antiguidade, mesmo assim, ainda são escassas as ações concretas para superá-las no Brasil. O zoneamento das cidades presente no plano diretor, deve nortear as áreas a serem urbanizadas com a finalidade de minimizar os impactos gerados por este.

3.4 – Georreferenciamento e sensoriamento remoto

O georreferenciamento vem se fazendo cada vez mais necessário para realização de análises, criação de cenários e estudos nas áreas mais diversas, este utiliza de informações espaciais e são executadas pelo sistema específico denominado Sistemas de Informação Geográfica (SIG), em inglês Geographic Information System (GIS).

SIG é um sistema que processa dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) com ênfase a análises espaciais e modelagens de superfícies, este integra uma base de dados informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno. Através das informações de interesse é possível trabalhar mesclando, intercalando e selecionando dados de acordo com o objetivo requerido (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE, 2022).

Os sistemas de informação geográfica tratam diversas fontes de dados e de formatos, com relações espaciais entre si (topologia - estrutura de relacionamentos espaciais que se pode estabelecer entre objetos geográficos), esses dados podem também ser genéricos separados em mapas temáticos, mapas cadastrais (mapas de objetos), redes, imagens e modelos numéricos de terreno. Este conta com mecanismos para combinar diversas informações, através de algoritmos de manipulação e análise, para consultar, recuperar e visualizar o conteúdo da base de dados e gerar mapas (INPE).

O raster e vetor são os dois formatos de entrada utilizado o SIG. Sendo que os dados raster são compostos por linhas (horizontais) e colunas (verticais) de pixels (também conhecidas como células). Cada pixel representa uma região geográfica, e o valor do pixel representa uma característica dessa região, são utilizados quando se pretende exibir informações contínuas em uma determinada área e que não pode ser facilmente dividido em funções vetoriais (QGIS).

Já os dados vetoriais, representam elementos (qualquer coisa que você possa ver na paisagem) do mundo real dentro do ambiente GIS, utilizando de geometria como pontos polilinhas e polígonos (Quantum GIS QGIS, 2022).

O shapefile é um formato para armazenamento de dados vetoriais e raster, contendo a posição, a forma e os atributos de feições geográficas. Representam o mundo real utilizando geometria, com pontos, polilinhas e polígonos, sendo adequados para o desenho de estradas, construções etc. (QGIS).

O geoprocessamento é um importante aliado a análise de determinado local, pois estabelece relação entre a morfometria e os parâmetros mensuráveis como área, uso do solo, declividade, delimitação de áreas. Todas essas variáveis são importantes para caracterização das potencialidades das áreas de uso de uma bacia hidrográfica, permitindo o seu manejo adequado com diagnósticos e análises de riscos de degradação dos recursos ambientais (CAMPOS, 2019).

3.5 - Modelagem;

Os programas de modelagem visam criar cenários que se aproximam da realidade de acordo com premissas construídas ao longo de sua execução, quanto mais precisos forem os dados de entrada, maior a confiabilidade dos resultados obtidos para a simulação.

3.5.1 - Regime de escoamento

Os escoamentos em canais podem ser enquadrados em permanente e não permanente, no primeiro caso, as propriedades do fluido não se alteram com o passar do tempo, mesmo com o fluido em movimento, a configuração de suas propriedades em qualquer instante permanece a mesma. Já no escoamento não permanente as condições do fluido se alteram em alguns pontos com o passar do tempo (TAGLIAFERRO, 2022).

3.5.2 - Coeficiente de Manning

O coeficiente de Manning descreve a resistência ao fluxo devido à rugosidade do canal fluvial, sendo específico para cada seção transversal de acordo com o uso do solo, podendo variar na seção de acordo com o nível d'água. Sendo que, quanto menor a profundidade d'água, maiores os efeitos das irregularidades do fundo do canal e, portanto, maior o seu valor.

A Equação 1 nomeada como equação de Manning como mostrada abaixo, é uma das metodologias de cálculo mais utilizadas por projetistas no dimensionamento de canais abertos, pode ser utilizada no cálculo do escoamento uniforme em canais, qualquer que seja a forma geométrica da seção transversal (GOLDFARB *et al.*, 2004).

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * I^{1/2} \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

Q = vazão (m³/s);

A = área molhada (m²);

Rh = raio hidráulico (m);

I = declividade (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

3.5.3 - Tempo de Retorno (TR)

O Tempo de Retorno (TR), também conhecido como Período de retorno (PR), ou intervalo de recorrência, é o intervalo estimado (em anos) entre ocorrências de igual magnitude de um fenômeno natural, como chuvas, ventos intensos, granizo, entre outros, possa ser igualado ou superado pelo menos uma vez (GANAMALA; KUMAR, 2017). É comum utilizar vazão máxima na previsão de enchentes e em projetos hidráulicos tais como condutos, canais, bueiros, entre outros, “A vazão máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado” (TUCCI, 2005). Para o cálculo do período de retorno são utilizados ajustes de distribuições estatísticas, tais como a distribuição de Gumbel, Log-Pearson Tipo III (LPIII), distribuição Normal, de Weibull, entre outras.

Este tem forte aplicação em avaliações se determinada estrutura consegue resistir a um evento extremo, por meio de previsões com auxílio de cálculos probabilísticos. O estudo de TR pode ser aplicado em alerta contra enchentes, no planejamento das áreas de risco de um município, é importante que o período de retorno esteja relacionado aos níveis de observação, atenção e alerta uma maior segurança das áreas prejudicáveis.

3.5.4.- Distribuição de probabilidade Gumbel

Esta distribuição consiste em valores extremos, sendo introduzida por Gumbel em 1941 ficando conhecida como distribuição de Gumbel, sendo uma das funções de distribuição de probabilidade mais amplamente utilizadas para valores extremos em estudos hidrológicos para previsão de precipitação máxima (Gumbel, 1941). Atualmente a distribuição de Gumbel é um dos modelos probabilísticos mais comuns

usado na modelagem de extremos hidrológicos, especialmente de precipitações (JÚNIOR; MELLO; ALVES, 2015).

3.5.5 - Programa HEC-RAS

O Hydrologic Engineering Center (HEC) em Davis, Califórnia, desenvolveu o River Analysis System (RAS) para auxiliar os engenheiros hidráulicos na análise do fluxo do canal e na determinação da planície de inundação. Ele inclui vários recursos de entrada de dados, componentes de análise hidráulica, recursos de armazenamento e gerenciamento de dados e recursos de gráficos e relatórios. O programa foi desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos para administrar os rios, portos e outras obras públicas sob sua jurisdição; ele encontrou ampla aceitação por muitos outros desde seu lançamento público em 1995.

O HEC-RAS tem a capacidade de realizar o mapeamento de inundação, através da geometria local, gerando perfis com superfície da água, conjuntos de dados de profundidade de inundação e limites da planície de inundação que podem ser criados através do RAS Mapper. O dado de entrada necessário para a modelagem no RAS Mapper para análise é o modelo de terreno (MDT) no formato raster binário (.tif). A grade de profundidade resultante é armazenada no formato .tif enquanto o conjunto de dados de limite é armazenado no formato Shapefile da ESRI para uso com software geoespacial. (HEC-HRAS, 2022).

Entre as aplicações do software pode-se citar (SILVA, 2013):

- Estudos para determinação da área de inundação dos rios e de proteção contra as enchentes;
- Efeitos dos diversos obstáculos hidráulicos como pontes, bueiros, vertedores de barragens, diques e outras estruturas hidráulicas;
- Análise das alterações nos perfis da superfície d'água devido a modificações da geometria do canal;
- Múltiplos perfis de superfície d'água (modelagem de cenários para diferentes condições hidráulicas e hidrológicas), erosão em pontes e operação de barragens em sequência.

Para este trabalho, foi utilizado a modelagem em 2D, para (FELICIANO, 2022) os seguintes passos são necessários:

- **Projeção de Referência Espacial:** a definição da configuração de um sistema de coordenadas espaciais não é imprescindível para o modelo, mas agrega ao trabalho no campo do georreferenciamento;
- **Delimitação da malha:** onde acontece o escoamento do modelo, esta é formada por uma matriz retangular onde as variáveis que definem a condição de escoamento como velocidade, profundidade e altura da lâmina d'água são calculados pela solução dos sistemas de equações em cada elemento que compõe a malha;
- **Condições de contorno:** são condições de escoamento definidas nas extremidades de montante e jusante do sistema, para que o modelo utilize como ponto de partida aos cálculos hidráulicos. O programa permite a utilização de diversos tipos de condições de contorno como: elevação da superfície da água, profundidade crítica, profundidade normal e curva chave;
- **Definição do coeficiente de Manning:** para definição do modelo é importante a definição do coeficiente de rugosidade de Manning para cada região de escoamento. O software permite a inserção de um shapefile de uso do solo onde serão atribuídos os coeficientes para cada classificação;
- **Tipo de escoamento:** definição do tipo de escoamento em permanente e não permanente.

3.6 – Drenagem urbana;

O sistema de drenagem convencional tem por finalidade escoar águas superficiais, minimizando riscos, a fim de evitar inundações e possíveis prejuízos, mantendo a segurança dos moradores. Este sistema canaliza e transporta toda a água até o destino final, sendo que em épocas de chuva esse sistema acaba sendo sobrecarregado.

Tais medidas estruturais utilizam-se de obras com intuito de evitar que inundações ocorram, como diques, barragens, canalizações, entre outras. Estas medidas exigem maior investimento e geralmente não são viáveis economicamente (TUCCI, 2012).

Este modelo de sistema de drenagem na maioria das vezes não consegue escoar todo o efluente destinado devido ao grande aumento populacional que ocasionou na impermeabilização dos solos. Em período chuvoso a demanda por este sistema é alta, sendo que em muitos locais acaba por não cumprir sua função e ocorrem inundações, impactando negativamente a população que reside ao entorno.

Nas últimas décadas, a sustentabilidade vem ganhando força em todos os campos de atuação, visando diminuir os impactos da urbanização e tornar as condições hidrológicas próximas às naturais (GONZALEZ, 2014), o conceito de drenagem verde vem sendo cada vez mais falado. Esta metodologia propõe a retenção da água no local, reduzindo o escoamento superficial, ou seja, promove a recarga nos aquíferos e retarda a chegada da água no meio receptor evitando a transferência para jusante dos impactos.

Estas técnicas podem estar contidas no plano diretor a fim de facilitar o planejamento das obras e a preservação dos solos (GONZALEZ, 2014). As opções de drenagem sustentável, ou drenagem verde, trabalham em conjunto com a drenagem convencional, uma vez que diminui a o volume de água escoado pelos sistemas.

A drenagem sustentável, pode ser classificada como medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais promovem uma conscientização da população, por meio, por exemplo, de ações educativas, impondo normas e regulamentos, prevenindo com zoneamento e alerta de enchentes. E as estruturais consistem em projetos e construções de estruturas capazes de diminuir o escoamento superficial, reservar e utilizar o volume pluvial (TUCCI, 2012).

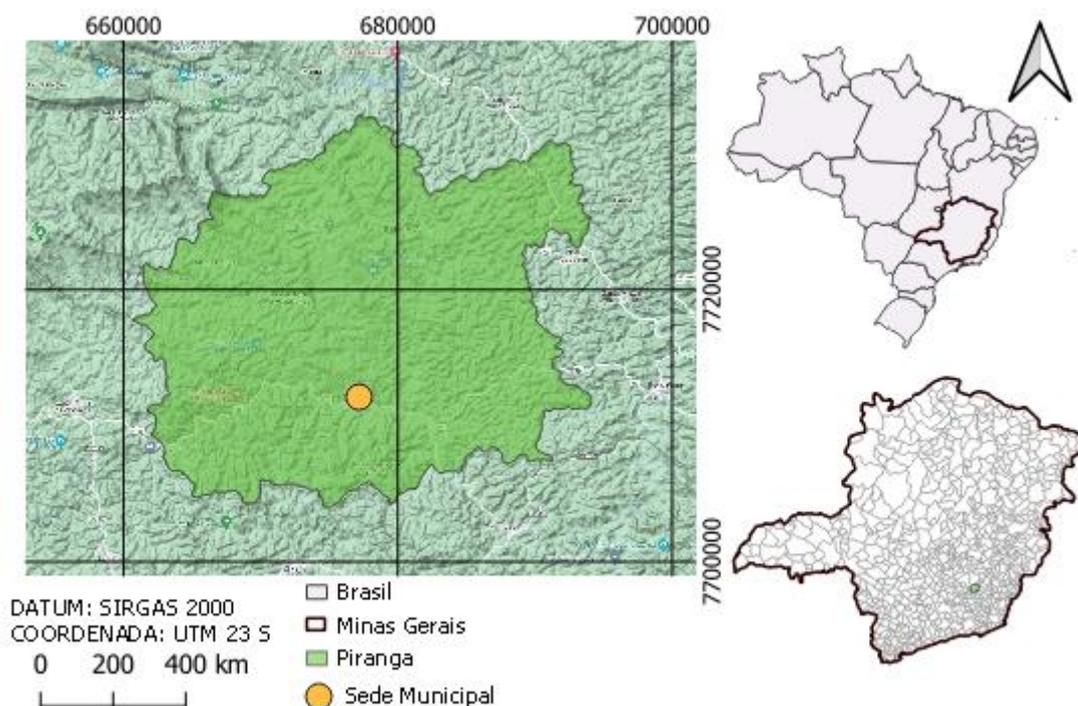
4 -MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O Município de Piranga como apresentado na Figura 5 se localiza no estado de Minas Gerais, distante 167,7 km da capital mineira (Belo Horizonte), e 34 km a Sul-Leste de Mariana, a maior cidade nos arredores. Situado a 720 metros de altitude, com coordenadas geográficas: Latitude: 20° 39' 55" Sul, Longitude: 43° 17' 58" Oeste (Google satélite, 2022).

De acordo com o último censo (Tabela 2) no ano de 2010 a população somava 17.232 habitantes (IBGE, 2010), para o ano de 2021 estimasse população em torno de 17.641 habitantes.

Figura 5- Mapa de localização do município de Piranga



Fonte: Própria autora.

O clima é característico tropical de Altitude, com temperaturas amenas, mantendo uma média em torno dos 19°C e períodos chuvosos bem definidos de outubro a fevereiro. O município está inserido na zona da Mata, no bioma de Mata Atlântica (IBGE, 2010).

A extensão territorial do distrito correspondente a 658,812 km², sendo que 1,269 km² corresponde a área urbanizada de acordo com o MapBiomias, (2022). A bacia hidrográfica que corta o município é a Bacia do Piranga, afluente do alto curso do Rio doce.

Tabela 2- População do município de Piranga - MG

ANO	1970	1980	1991	2000	2010	2021
POPULAÇÃO DE PIRANGA MG	16.575	15.928	16.332	17.005	17.232	17.641

Fonte: IBGE, Censo Demográfico

4.2 Processamento dos dados

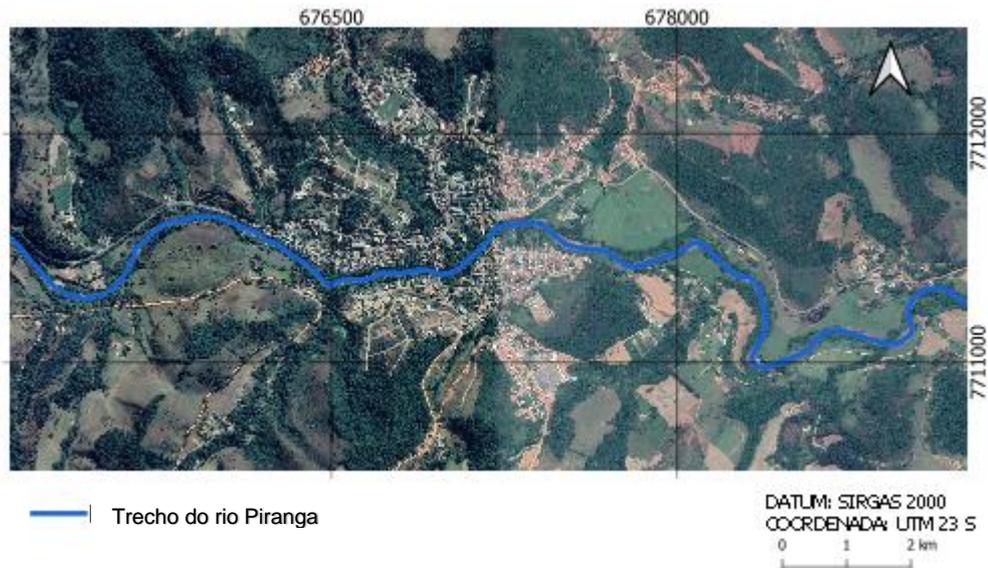
4.2.1 Delimitação da área de estudo utilizando QGis

Utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) software livre Quantum Gis, versão 3.22, foi delimitado o local de estudo. Utilizando a base de dados do IBGE, sobre divisões territoriais, foi possível montar o mapa de localização do município foco do estudo, mostrando primeiramente o Brasil, seguindo do estado Minas Gerais, até a localização precisa do município de Piranga.

4.2.2 Demarcação do rio que corta o município de Piranga

O Município de Piranga está inserida na Bacia do Rio Doce e sub-bacia do Piranga, para obter seus parâmetros, foi necessário a delimitação através do software livre Quantum GIS, mais conhecido como QGis, versão 3.22. Para isso foi utilizado o modelo digital de elevações (MDE) do município de Rio Piranga, disponível no site metadados da ANA (2014), com alta resolução espacial (0,5m) do satélite WorldView-2, os dados foram elaborados a partir dos mosaicos de imagens de alta resolução, que foram ortorretificados com o MDE de precisão de 1m na planialtimetria, como apresentado na Figura 6, sendo possível observar a área de estudo. Também foi feito o buffer de 50 metros para ambos os lados a partir da margem do Rio Piranga, que de acordo com a legislação para corpos d'água de 10 a 50 metros de largura deve respeitar APP de 50 metros.

Figura 6- Mapa de localização da área de estudo

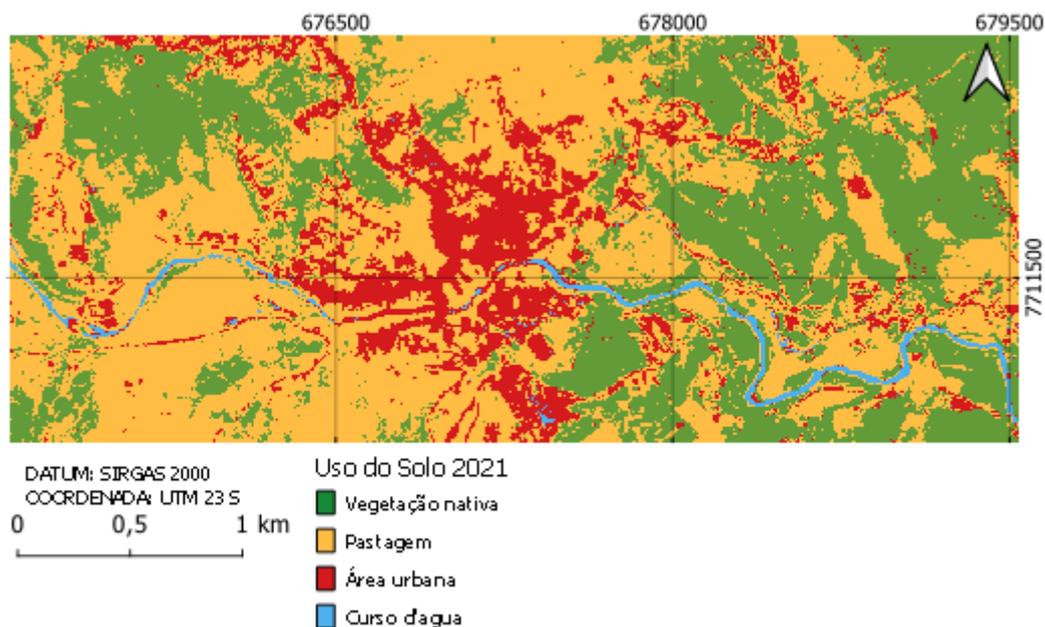


Fonte: Autora

4.2.3 Classificação do uso do solo

Para o ano de 2021 o mapa de uso do solo foi feito através de imagem do satélite CBERS- 4A com resolução de 8m no sensor WPM para obter melhor detalhamento do terreno. Procede-se com a composição das imagens para colorir usando a ferramenta do Q-GIS para mesclar camadas em raster, e relacionando as bandas de cores 3 do vermelho, 2 do verde e a banda 1 do azul para composição de cores verdadeiras. Com o auxílio do pluquímetro Dzetsaka foi possível fazer amostras dos diferentes usos do solo criando um shapefile e criando o mapa de uso do solo para a área de estudo como apresentado na figura 7. Pela tabela 3 é possível quantificar estas áreas.

Figura 7- Mapa Uso e ocupação do Solo em 2021



Fonte: Autora

Tabela 3- Uso do Solo em 2021

CÓDIGO	CLASSES	2021 (Km ²)
3	Formação florestal	3.80
15	Pastagem	5.475
24	Área urbanizada	1.30
33	Rio Lago e oceano	0.11

Fonte: Autora

4.2.4 - Coeficiente de Manning

Uma vez delimitado o uso e ocupação do solo na área de estudo, foi possível definir os valores de Manning, como apresentados na Tabela 4 utilizados para a modelagem como sugerido por Baptista e Lara (2014).

Tabela 4- Valores adotados para o coeficiente de Manning

USO DO SOLO	COEFICIENTE DE RUGOSIDADE DE MANNING
Áreas urbanas	0,11
Corpo Hídrico	0,04
Pastagem	0,03
Vegetação nativa	0,07

Fonte: Autora

4.2.5 Classificação de declividade

A partir do modelo digital da área já recortado para o município de Piranga, foi feito o processamento por meio da ferramenta “reclassificar” no QGis em que se utilizou da classificação de declividades proposta no documento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979) como descrito na Tabela 5 e expresso pela Figura 13.

Tabela 5- Classes de declividade

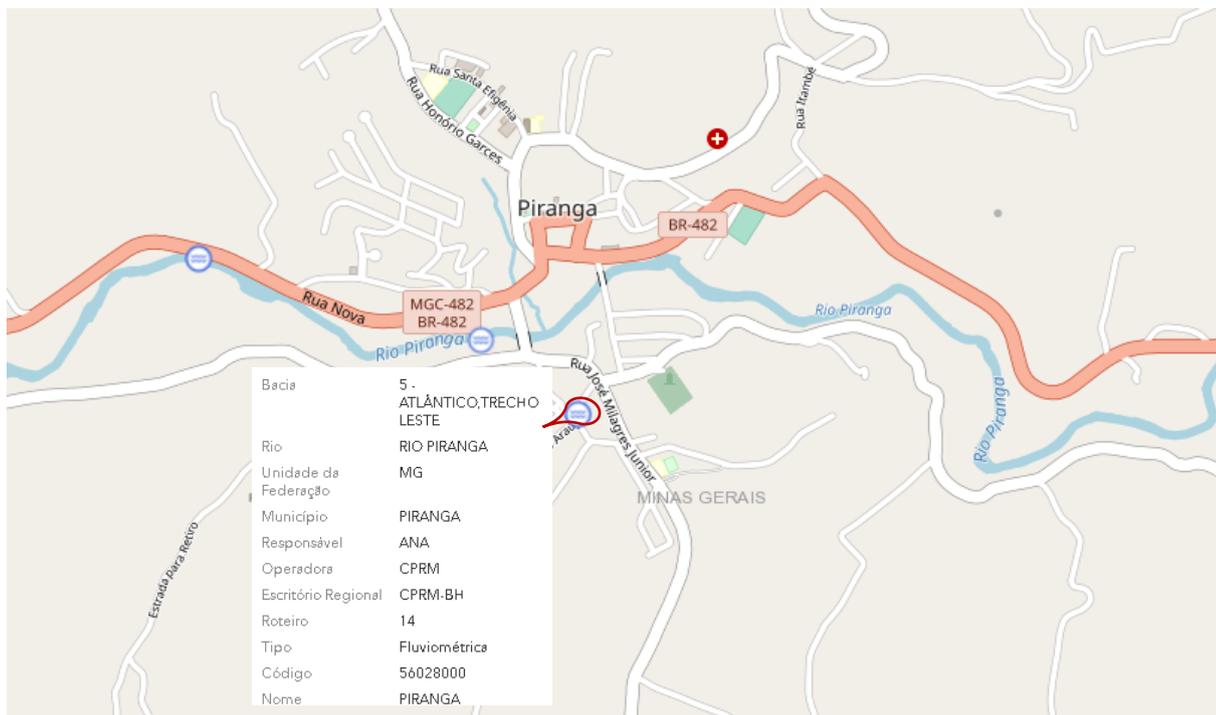
DECLIVIDADE (%)	RELEVO
0 - 3	Plano
3 - 8	Suave ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Forte ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Forte montanhoso

Fonte: Embrapa, 1979.

4.3 Dados fluviométricos de séries históricas

Para o estudo, foi utilizado a estação fluviométrica Piranga (56028000) operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Esta estação está localizada no município da área de estudo. Os dados foram obtidos pelo site da ANA, o WidroWeb. A estação se localiza nas coordenadas Latitude: 20° 39' 55" Sul, Longitude: 43° 17' 58" Oeste, com 81 anos de dados (01/1939 a 12/2020). Na Figura 8 é possível identificar o local em que a estação está inserida.

Figura 8- Localização da estação fluviométrica 56028000



Fonte: HidroWEB/ ANA.

As séries históricas foram organizadas em máximas anuais diárias através do aplicativo HIDRO 1.4 da ANA, para ser inserida no modelo hidráulico como condição de contorno a montante. Os dados no período de 81 anos podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6- Dados históricos de fluviometria da estação 56028000

ANO	MÁXIMA VAZÃO ANUAL (mm)	ANO	MÁXIMA VAZÃO ANUAL (mm)
1939	85,20	1980	169,00
1940	164,00	1981	125,00
1941	93,70	1982	120,00
1942	228,00	1983	121,00
1943	170,00	1984	92,20
1944	114,00	1985	206,00
1945	114,00	1986	124,00
1946	62,00	1987	82,00
1947	196,00	1988	181,00
1948	219,00	1989	147,00
1949	198,00	1990	48,50
1950	109,00	1991	188,00
1951	262,00	1992	269,00
1952	152,00	1993	72,90
1953	87,80	1994	178,00
1954	59,00	1995	71,60
1955	77,70	1996	174,00
1956	125,00	1997	395,00
1957	56,70	1998	85,80
1958	42,00	1999	78,20
1959	63,60	2000	126,00
1960	63,60	2001	68,30
1961	164,00	2002	108,00
1962	126,00	2003	105,00
1963	45,20	2004	286,00
1964	74,80	2005	212,00
1965	146,00	2006	95,20
1966	266,00	2007	129,00
1967	117,00	2008	336,00
1968	104,00	2009	186,00
1969	79,2,00	2010	143,00
1970	112,00	2011	104,00
1971	172,00	2012	236,00
1972	131,00	2013	96,30
1973	148,00	2014	89,20
1974	84,40	2015	63,20
1975	112,00	2016	121,00
1976	84,70	2017	75,20
1977	126,00	2018	82,20
1978	278,00	2019	72,50
1979	298,00	2020	199,00

Fonte: Autora.

4.3.1 Modelo estatístico de probabilidades

Para cálculo das vazões em determinados tempos de retorno (TR), foi necessário aplicar método estatístico. A escolha do método mais adequado foi definida pelo programa SisCAH1.0 desenvolvido pelo grupo de pesquisa de recursos hídricos da UFV, em que o método Gumbel melhor se adequou, como apresentado na Tabela 7.

Tabela 7- Valores de vazão para diferentes períodos de retorno

DISTRIBUIÇÃO	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)					
	2	5	10	20	50	100
Gumbel	125,39	193,86	239,18	282,66	338,94	381,12
Pearson 3	120,93	187,26	232,55	276,06	332,12	373,93
Logpearson 3	116,47	185,43	240,34	300,28	398,40	465,67
Lognormal 2	121,11	183,70	228,45	273,49	334,87	383,26
Lognormal 3	124,30	188,52	231,11	271,98	325,14	365,38

Fonte: Autora

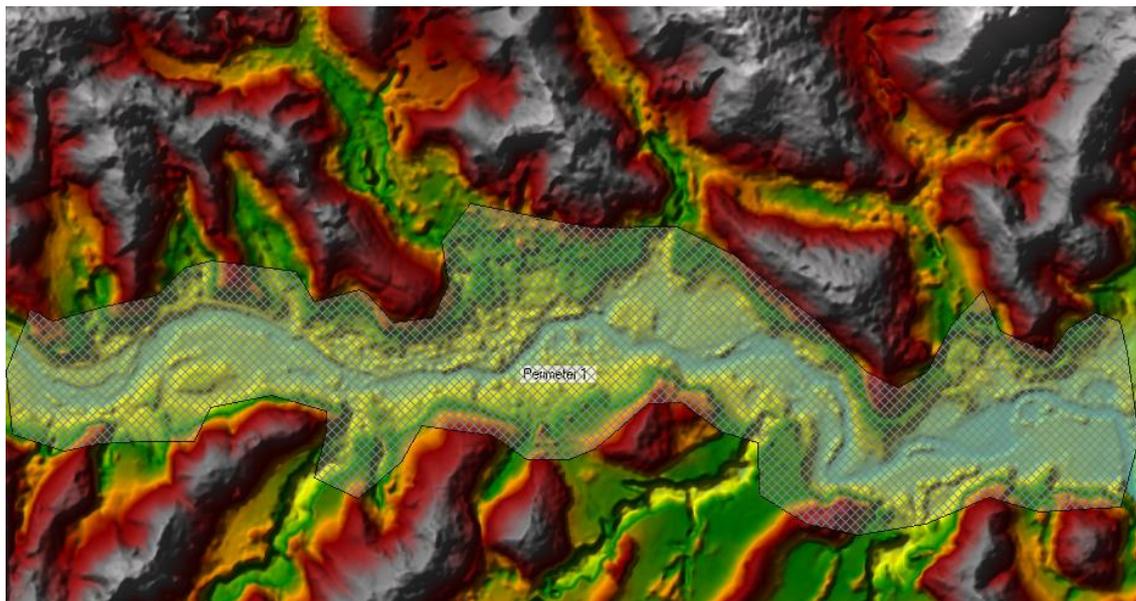
4.4 Software HEC-RAS

Procedeu-se a execução da modelagem, inserindo o Modelo Digital de Elevação (MDE) com precisão de 1 metro, os dados de vazões obtidos pelo programa SisCAH 1.0, o shapefile com uso e ocupação do solo associado ao valor de manning. O Regime adotado foi não permanente com vazão constante.

4.4.1 Condições de contorno

Foi delimitada a malha em torno do Rio Piranga de 5X5 metros, como mostrado na Figura 9.

Figura 9- Delimitação da malha



Fonte: Autora

A condição adotada para montante do Rio foi o fluxo (flow hidrogáfico), inserindo os dados de vazão para os diferentes tempos de retorno, já para a condição a jusante foi selecionada a opção declividade (normal depth) com declividade de 3%.

5 – RESULTADOS

Neste trabalho foram gerados 6 mapas que visam identificar áreas susceptíveis a inundações com diferentes tempos de retorno. Os dados gerados são uma aproximação da realidade, podendo não retratar fielmente tal evento. Também foi gerado outros quatro mapas, sendo de uso e ocupação do solo, de elevação, declividade da área de estudo e delimitação da área de APP.

5.1 Delimitação da área de APP

Na delimitação da área de APP apresentado na figura 10 podemos observar que algumas residências estão inseridas nesta área, o que não deveria acontecer se houvesse um correto planejamento de uso e ocupação do solo.

Figura 10- Delimitação da área de APP



Fonte: Autora

A população Piranguense cresceu substancialmente seguindo o curso do rio, como diversos outros municípios, pela facilidade de lançamento de efluentes, captação do recurso hídrico, entre outros motivos.

É possível observar que algumas residências se situam dentro da área de APP, esta área definida pela lei da Vegetação Nativa em que as construções devem

distanciar 50 metros do leito do Rio, uma vez que o rio possui largura superior a 10 metros.

A mata ciliar tem função importante no ecossistema, dentre os benefícios, é possível citar a retenção de sedimentos, evita poluição das águas, protege e diversifica a fauna e flora existente, infiltra grande parte da água, deixa o ambiente com temperatura amenas, entre outras funções vitais (EMBRAPA, 2022).

As áreas de proteção permanente APP são protegidas pela lei da Vegetação Nativa, mas devem se adequar a necessidades do local, uma vez que a cidade já está estabelecida, pois retirar todos os moradores de suas residências, poderá gerar grandes transtornos.

Estatuto das cidades define que todo o município acima de vinte mil habitantes é obrigatório ter o plano diretor, mas como a cidade de Piranga possui pouco mais de dezessete mil habitantes, não é obrigada por lei e ainda não possui. Também não possui o zoneamento urbano previsto neste mesmo estatuto.

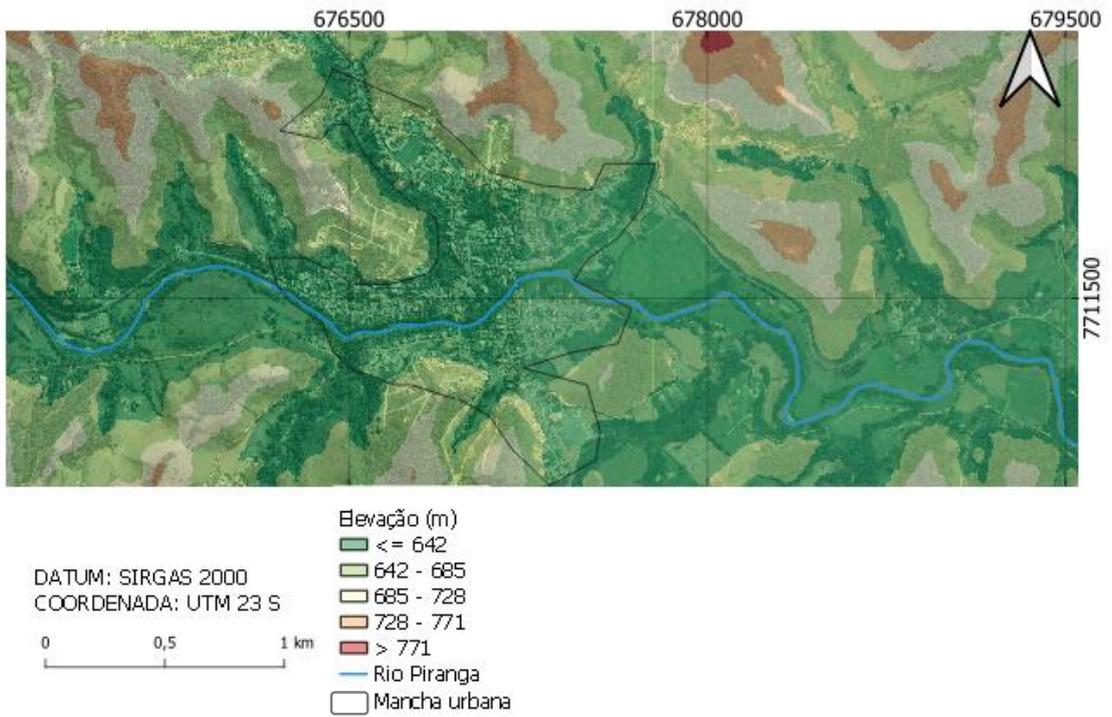
5.2 Mapeamento da elevação e declividade da área de estudo

A obtenção dos mapas de elevação e declividade, são fundamentais para entender a dinâmica do escoamento no local. Na Figura 11 é apresentada a elevação da área de estudo, realizada para o trecho do Rio Piranga com 5.776,82 metros lineares ou aproximadamente 5,8 km de comprimento.

É possível notar que o crescimento populacional se desenvolveu preferencialmente nas áreas de menor elevação. Associado a este desenvolvimento da mancha urbana, se dá a impermeabilidade do solo, desencadeando um maior escoamento superficial, fruto da ocupação desordenada, fazendo com que os problemas relacionados ao período chuvoso, como as enchentes, tenham sua frequência aumentada.

Na figura 12 é possível observar o perfil topográfico do rio em condições normais, antes de se executar a modelagem, os picos destoantes no gráfico podem ser explicados por assoreamentos no corpo d'água, como mostrado Figura 13.

Figura 11- Elevação do local de estudo



Fonte: Autora

Figura 12- Gráfico de elevação do canal do Rio



Fonte: Autora

Figura 13- Ponto assoreado no curso do Rio

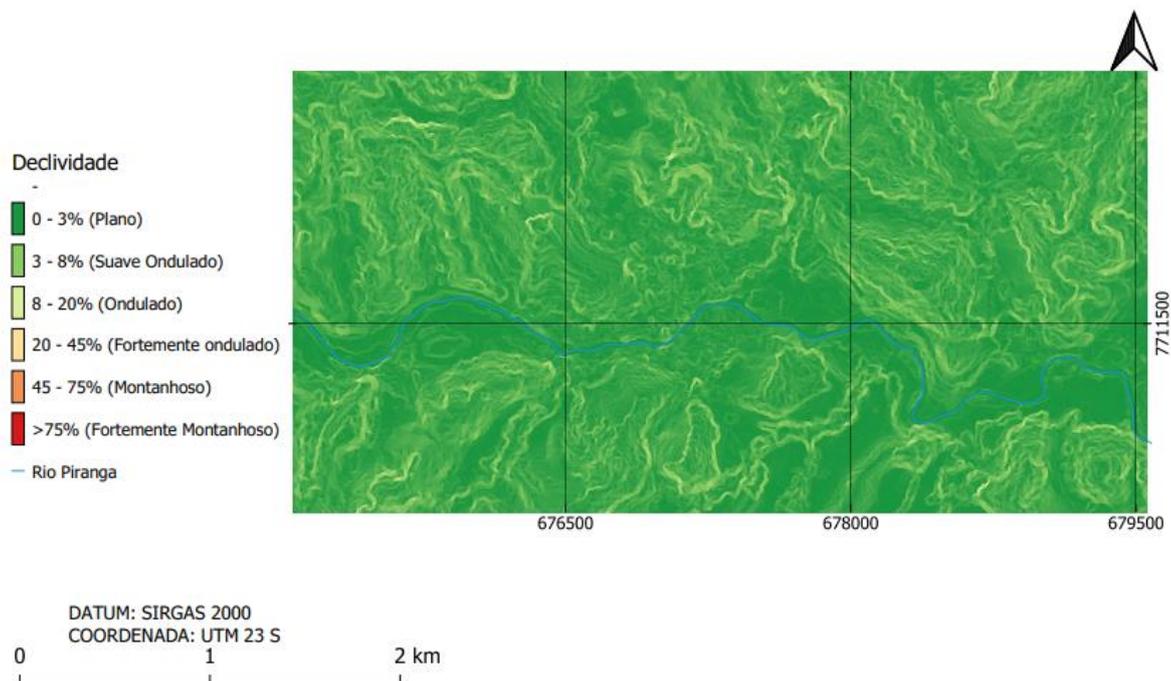


Fonte: Autora

Pela figura 14, mapa de declividade, é possível inferir que o terreno varia de plano a ondulado, não havendo inclinações montanhosas, este fator pode favorecer eventos de cheia. Nestes casos a água não escoar com facilidade devido à baixa declividade e também encontra dificuldade para infiltrar, devido a impermeabilização do solo, fazendo com que se acumule por um maior espaço de tempo, sendo estes locais mais susceptíveis a enchentes.

Segundo (FRANZIN; LUPINACCI, 2017) em áreas predominantemente planas, tendem a ocorrer inundações, devido ao pequeno desnível altimétrico em relação ao leito fluvial e à baixa declividade. A baixa declividade do relevo, dificulta o escoamento da água e propicia seu acúmulo.

Figura 14- Mapa de declividade



Fonte: Autora

5.3 Modelagem da mancha de inundação

Para o estudo da mancha de inundação foram utilizados os tempos de retorno e 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

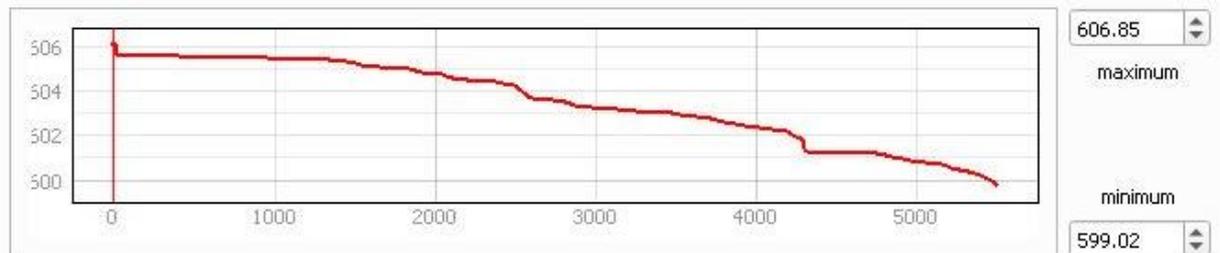
Abaixo na Figura 15 podemos verificar a modelagem para o tempo de retorno de 2 anos, onde é notado que a maioria das áreas afetadas são áreas verdes e algumas residências já começam a ser impactadas pela mancha de inundação. O nível alcançado pela lâmina d'água é de até 5,97 metros e atingindo uma altitude de 606,85 metros como mostrado na Figura 16.

Figura 15- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 2 anos



Fonte: Autora

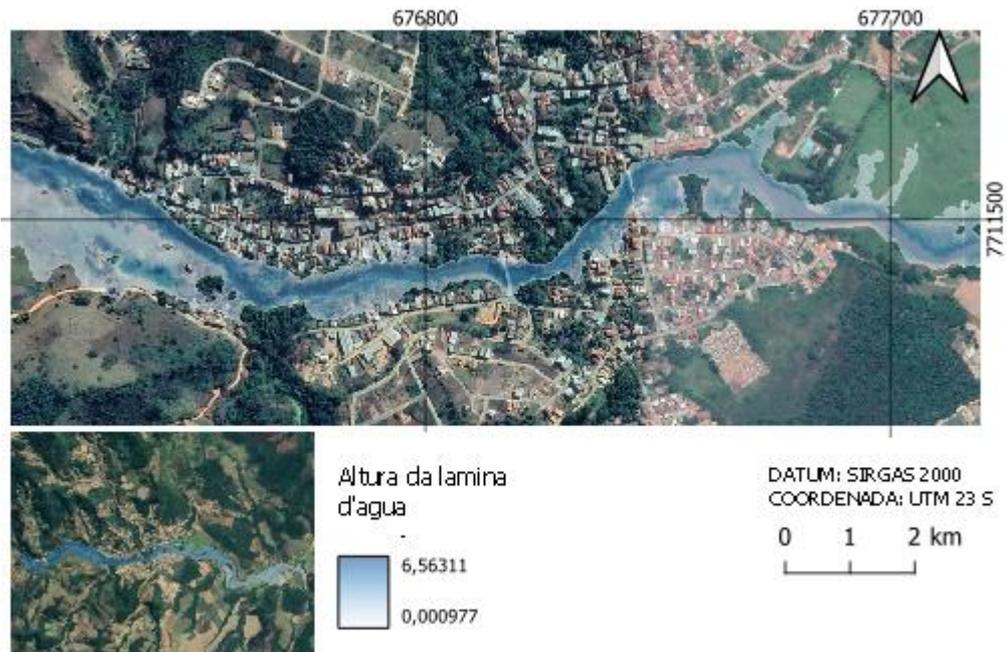
Figura 16- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 2 anos.



Fonte: Autora

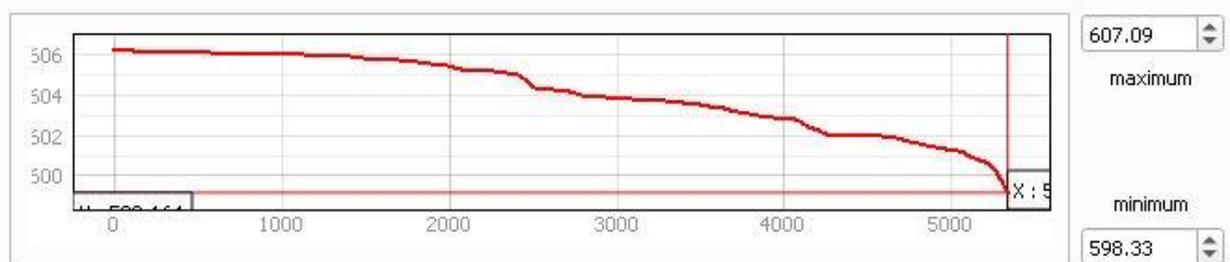
Na Figura 17 é apresentada a mancha de inundação para o tempo de retorno de 5 anos, o nível atingido pela lâmina d'água é de até 6,56 metros e a altitude de 607,09 metros como mostrado Figura 18.

Figura 17- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 5 anos



Fonte: Autora

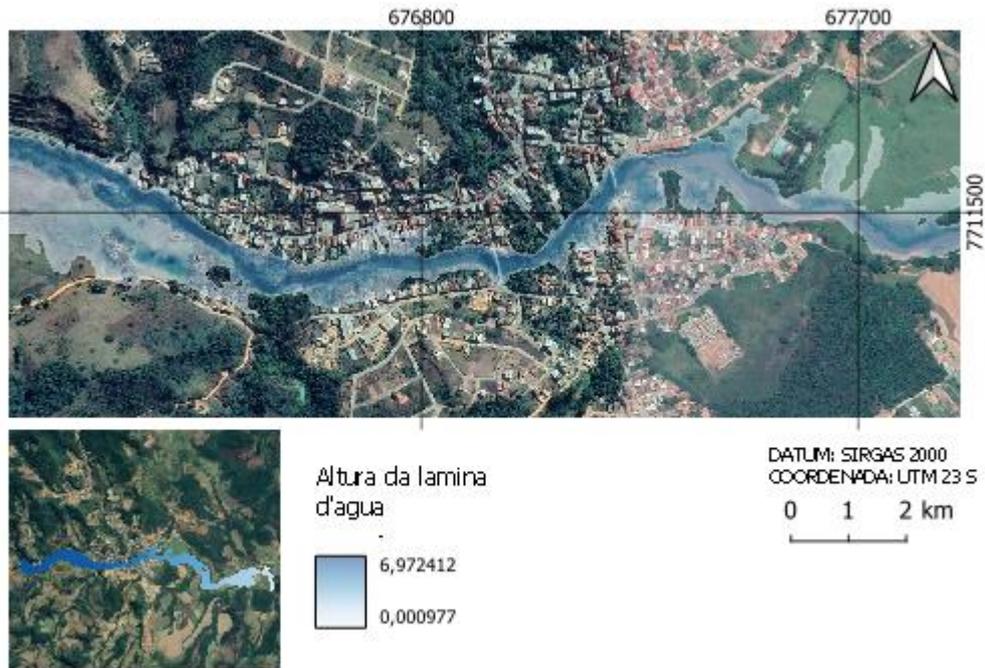
Figura 18- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 5 anos



Fonte: Autora

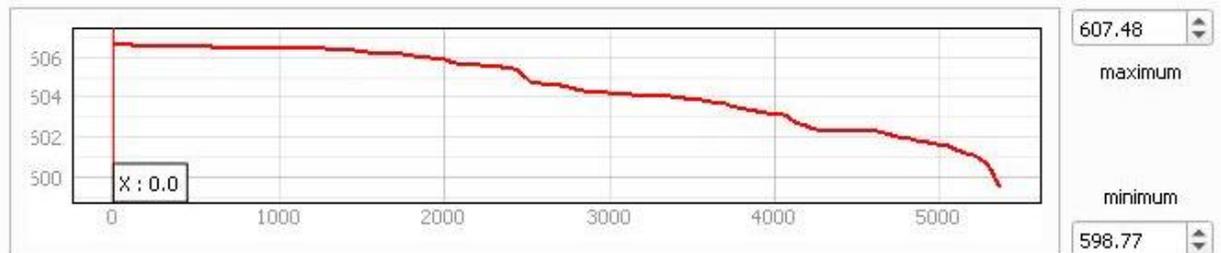
Na Figura 19 é apresentada a mancha de inundação para o tempo de retorno e 10 anos, o nível atingido pela lâmina d'agua é de até 6,97 metros e atingiu altitude de 607,48 m, na figura 20.

Figura 19- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 10 anos



Fonte: Autora

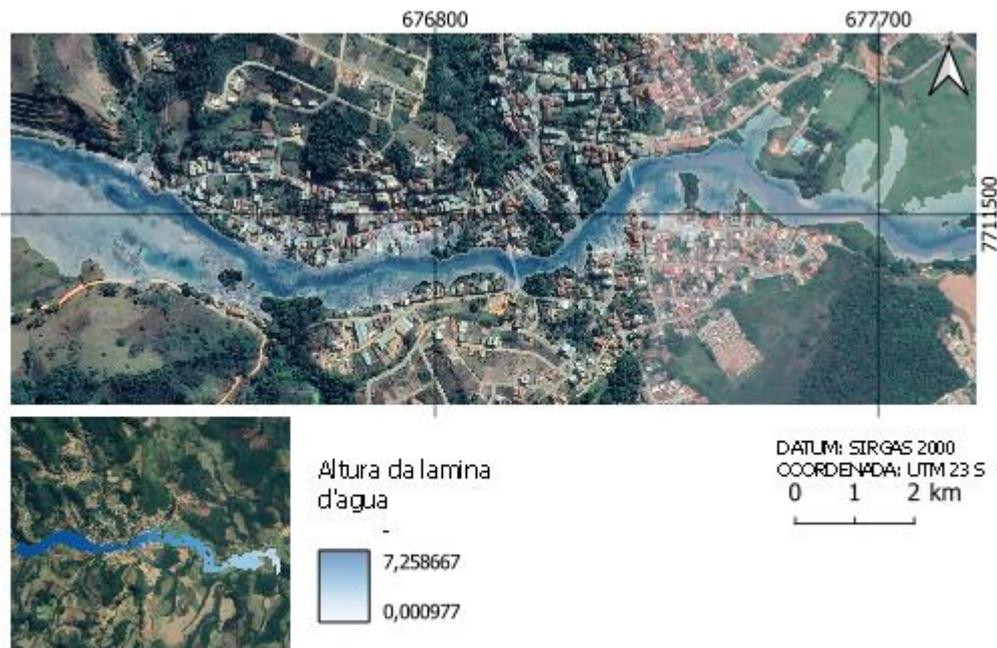
Figura 20- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 10 anos



Fonte: Autora

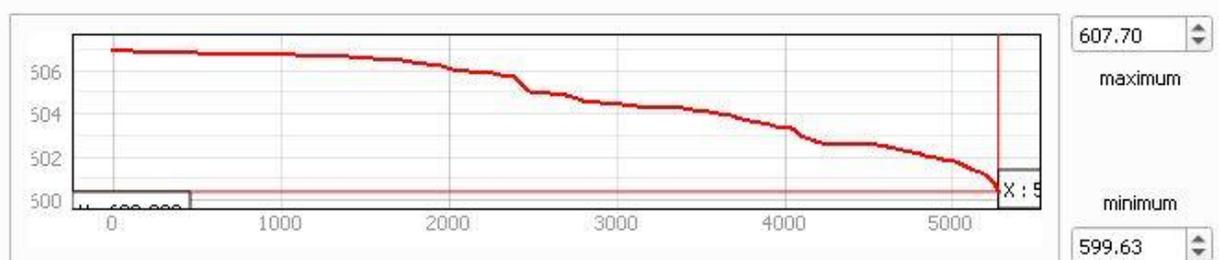
Na Figura 21 abaixo é apresentada a macha para o TR de 20 anos. O nível atingido pela lâmina d'agua é de até 7,25 metros e altitude de 607,70 como apresentada na Figura 22.

Figura 21- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 20 anos



Fonte: Autora

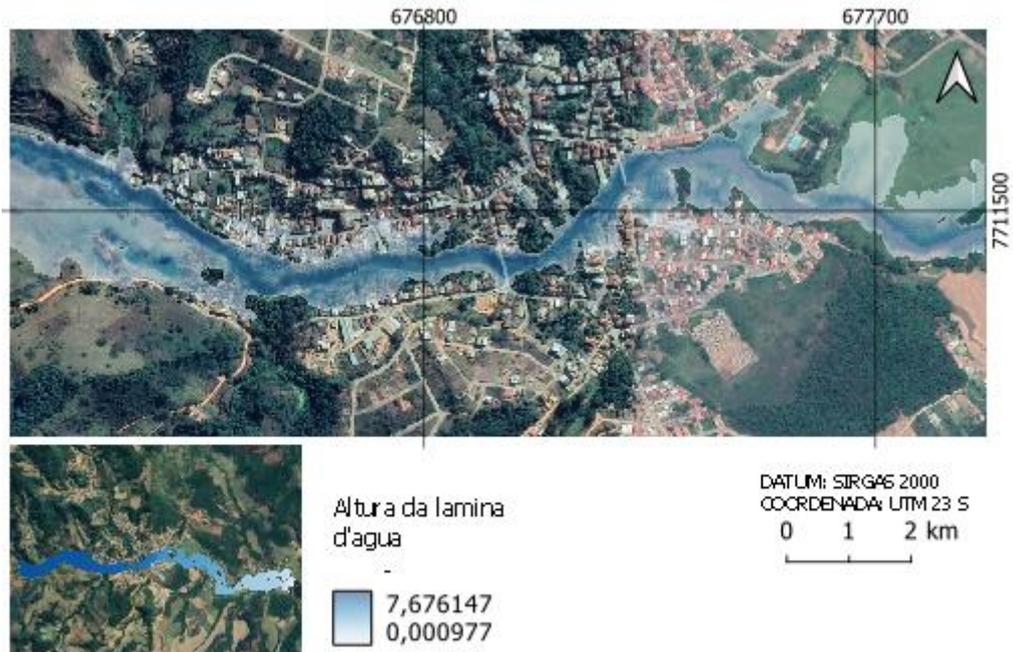
Figura 22- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 20 anos



Fonte: Autora

Na Figura 23 abaixo é apresentada a mancha de inundação com tempo de retorno de 50 anos. O nível atingido pela lâmina d'agua é de até 7,67 metros e altitude de 608,19 m como apresentada na Figura 24.

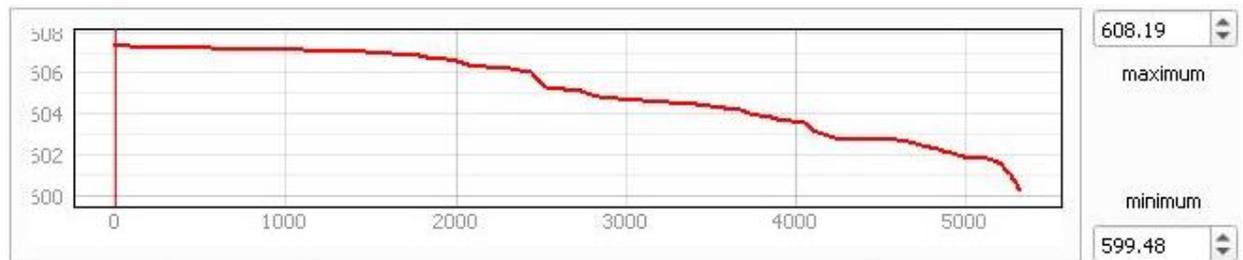
Figura 23- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 50 anos



Fonte:

Autora

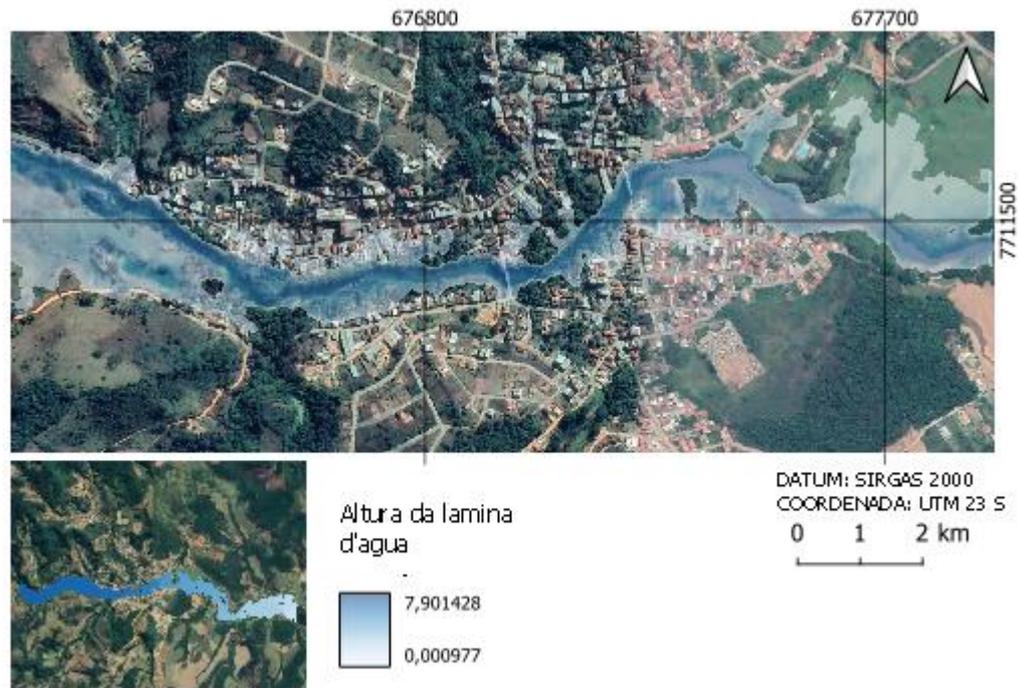
Figura 24- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 50 anos



Fonte: Autora

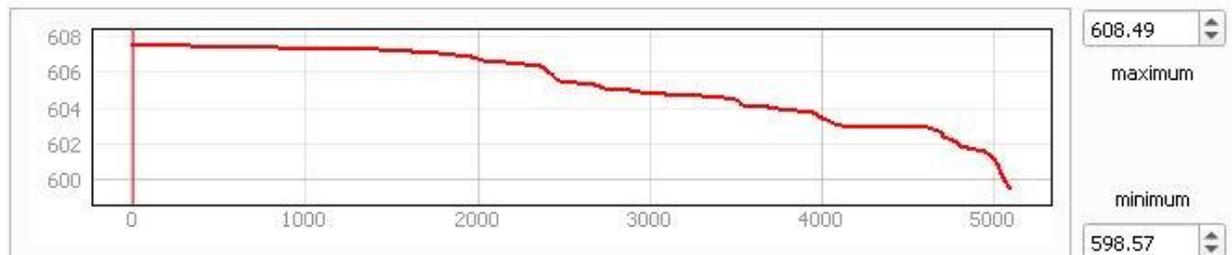
Para o Tempo de retorno 100 anos, figura 25, o nível atingido pela lamina d'agua é de até 7,90 metros e altitude de 608,49 m como apresentada na figura 26.

Figura 25- Mancha de inundação para o tempo de retorno de 100 anos



Fonte: Autora

Figura 26- Mapa de elevação do rio com tempo de retorno de 100 anos



Fonte: Autora

Na Tabela 8, é possível quantificar e comparar as áreas da mancha de inundação. Nota-se maior área de inundação conforme aumenta o tempo de retorno e com isso, um maior número de residências se inclui na mancha de inundação modelada.

Tabela 8- Área referente a mancha de inundação

Tempo de retorno (anos)	vazão (m ³ /s)	Altura máxima da lâmina d'água (m)	Altitude máxima alcançada pelo rio Piranga (m)	Área da mancha de inundação (km ²)
2	125,39	5,97	606,85	0,40
5	193,86	6,56	607,09	0,58
10	239,66	6,97	607,48	0,64
20	282,66	7,25	607,70	0,69
50	338,94	7,67	608,19	0,75
100	381,12	7,90	608,49	0,82

Fonte: Autora

A mancha de inundação para o TR de 2 anos foi modelada com a vazão de 125,39 m³/s de volume, atingindo uma área de 0.4 km², com altura da lâmina d'água atingindo 5,97 metros. Neste cenário é possível observar que a maior parte da inundação afeta apenas áreas verdes com menor impacto aos moradores que residem em torno do curso d'água.

A mancha de inundação para o TR de 5 anos foi modelada com vazão de 193,86m³/s de volume, atingindo uma área de 0.58 km², com altura da lâmina d'água atingindo 6,56 metros, para esta modelagem se observa uma quantidade maior de residências afetada, mas ainda bem próximo ao modelado para o TR de 2 anos.

A mancha de inundação para o TR de 10 anos foi modelada com vazão de 239,18 m³/s de volume, atingindo uma área de 0.64 km², com altura da lâmina d'água atingindo 6,97 metros, esta modelagem se assemelha ao TR de 5 anos, com pouca diferença a se notar.

A mancha de inundação para o TR de 20 anos foi modelada com vazão de 282,66 m³/s de volume, atingindo uma área de 0.69 km², com altura da lâmina d'água atingindo 7,25 metros, nesta modelagem podemos observar pouca diferença quando comparado ao tempo de retorno de 10 anos.

A mancha de inundação para o TR de 50 anos foi modelada com vazão de 338,94 m³/s de volume, atingindo uma área de 0.75 km², com altura da lâmina d'água atingindo 7,67 metros, nesta modelagem é possível observar que a área urbana é afetada mais fortemente quando comparado aos TR de 2, 5, 10 e 20 anos, com maior número de ruas e residências atingidas pela cheia do Rio Piranga.

A mancha de inundação para o TR de 100 anos foi modelada com vazão de 381,12 m³/s de volume, atingindo uma área 0.82 km², com altura da lâmina d'água atingindo 7,90 metros. Esta modelagem foi a que mostrou a maior mancha de inundação, impactando a maior área e com maior elevação da lâmina d'água como já previsto.

De acordo com a literatura, quanto maior o TR maior os impactos resultantes dos eventos de cheia, o presente estudo está de acordo com os estudos já realizados nesta linha de pesquisa uma vez que o tempo de retorno de 2 anos apresentou a menor mancha de inundação para o trecho em estudo.

(FELICIANO, 2022) realizou modelagem para diferentes tempos de retorno no trecho do Rio Piracicaba - MG, obtendo resultados semelhantes a este trabalho, com área inundada crescente, variando de 1,21 a 2,03 km², sendo que a menor área corresponde ao menor TR modelado pelo autor.

(FRANÇOIS, 2021) modelou a mancha de inundação para o município de Nova Santa Rita – RS cercada pelos rios Caí e rio do Sinos, sendo impactada anualmente por enchentes. Obtendo a mesma linha de resultados, com área inundada e altura da lâmina d'água aumentando de acordo com o maior tempo de retorno.

O município de Piranga já vem sofrendo a alguns anos com enchentes, e visando o monitoramento das cheias a Agência Nacional de Águas (ANA) instalou a régua graduada, próximo a ponte existente no local, em que os próprios moradores fazem o acompanhamento e anotam os níveis atingidos pelo rio. Este tem o intuito de manter os moradores informados sobre possíveis inundações que venham a ocorrer. Os próprios moradores realizam a leitura e fazem os estudos histórico das cheias de acordo com anotações da régua e para maior segurança dos moradores, estabeleceram valores de atenção, alerta e inundação. Valores estes descritos abaixo: Carneiro (Comunicação pessoal, 2022)

- Cota de atenção 3 metros;
- Cota de alerta 4 metros;
- Cota de inundação 5,6 metros.

Estes valores vão de encontro aos resultados obtidos na modelagem, pois para o TR de 2 anos, foi encontrado o valor de 5,97 metros e pode ser observado que algumas residências com maior proximidade ao rio, são atingidas.

Ainda segundo Carneiro (Comunicação pessoal, 2022), existem anotações de alguns anos em que o município foi atingido pela enchente com as respectivas cotas de inundação.

- No ano de 1997 alcançou uma cota de 7 metros;
- No ano de 2008 alcançou cota de 7,64 metros;
- No ano de 2012 alcançou cota de 8,34 metros;
- Já na última enchente, em 2022 alcançou cota de 6,26 metros.

A modelagem realizada neste trabalho obteve resultados próximos, a enchente ocorrida nos anos de 1997 se assemelha ao TR de 10 anos, no ano de 2008 se assemelha ao TR de 50 anos, no ano de 2012 se assemelha ao TR de 100 anos e por fim, a enchente ocorrida no ano de 2022 se assemelha ao TR de 5 anos

Outro ponto a ser destacado, em todos os modelos, a mancha de inundação alcançou residências, isso se torna preocupante ao ponto que a população que habita na parte mais baixa se torna mais vulnerável em vários aspectos. Podemos citar:

- Impactos financeiros, gerando perdas materiais de móveis, eletrodomésticos, podendo afetar estruturas de residências, perdas de vida, entre outros;
- Insegurança e medo de residir em local de risco;
- Investimento público em obras emergenciais de limpeza após evento de cheia, investimento este, que poderia ter sido gasto com obras para prevenção destes eventos;
- Interrupção das atividades econômicas desenvolvidas no local inundado;
- Depósito de material com potencial toxicidade nas ruas e residências;
- Impacto na saúde pública acarretado pelas doenças de veiculação hídrica que, neste período de cheia, atinge um número maior de pessoas, sobrecarregando o sistema de saúde pública;

De acordo com o Centro de Pesquisa em ciência, tecnologia e Sociedade (IPEA) estes eventos de cheias, além do impacto ambiental, afetam também, o meio socioeconômicos e principalmente as pessoas. Além de impactar negativamente na “mobilidade nas cidades e a infraestrutura urbana e potencializam a ocorrência de doenças de veiculação hídrica e a proliferação de vetores”.

Na Inglaterra foi desenvolvido um estudo com finalidades de relacionar os impactos da enchente na vida da população afetada. Foram analisados registros de medicamentos usados para transtorno psicossocial durante as inundações os anos de 2011 e 2014, antes e depois do evento. Concluiu-se que após o acontecimento das inundações o uso de antidepressivos foi maior para cuidados primários da saúde mental das vítimas (MILOJEVIC; ARMSTRONG; WILKINSON, 2017).

Todos estes problemas evidenciam a necessidade de se investir em saneamento básico e planejamento urbano fazendo com que haja integração entre o social, econômico e ambiental (ESG), pensando no bem comum da sociedade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta as modelagens hidráulicas com possíveis áreas da zona urbana a serem inundadas, com probabilidade da vazão máxima anual ser igualada ou excedida para diferentes tempos de retorno (TR) com vazões constantes em regime não permanente.

É sabido que o município de Piranga não teve um ordenamento territorial para acomodar o crescimento populacional, acabando por ter uma ocupação desenfreada e sem planejamento de riscos. O município foi fortemente impactado pelas enchentes nos anos de 1951,1961, 1970, 1979, 1990, 1997, 2004, 2008 e 2012, 2022 Carneiro (Comunicação pessoal, 2022).

- Para o tempo de retorno de 2 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 5,97 metros de altura, este se assemelha ao valor estabelecido pelos moradores como cota de inundação, com valor de 5,6 metros.
- Para o tempo de retorno de 5 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 6,56 metros de altura, se assemelha com a enchente ocorrida no ano de 2022, alcançando cota de inundação de 6,26 metros
- Para o tempo de retorno de 10 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 6,97 metros de altura, se assemelha com a enchente ocorrida no ano de 1997, alcançando cota de inundação de 7 metros;
- Para o tempo de retorno de 20 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 7,25 metros de altura;
- Para o tempo de retorno de 50 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 7,67 metros de altura, se assemelha com a enchente ocorrida no ano de 2008, alcançando cota de inundação de 7,64 metros;
- Para o tempo de retorno de 100 anos foi obtido altura máxima da lâmina d'água de 7,90 metros de altura, se assemelha com a enchente ocorrida no ano de 2012, alcançando cota de inundação de 8,34 metros;

Ações de prevenção a desastres naturais como as enchentes e alagamentos devem ser tomadas no período seco, logo após o término das chuvas para que a

falsa sensação de tranquilidade não surpreenda os moradores no período chuvoso, trazendo ainda mais perdas para a sociedade.

São imensas as aplicações deste trabalho, a mancha de inundação existente no local, pode não ser fiel a modelada neste trabalho, mas este pode subsidiar, por exemplo, o zoneamento territorial, com as cotas de cheia pode se criar pontos de atenção. Também pode ser utilizado no plano diretor do município, como ferramenta de apoio aos gestores municipais na tomada de decisão para a retirada da população atingida, podendo minimizar prejuízos e danos causados pelas cheias, bem como contribuir para a gestão territorial de áreas ainda não ocupadas.

7 - BIBLIOGRAFIA

ANA. **HidroWEB Series históricas**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 15 maio 2022.

BARBOSA JR., A. R. **Elementos de Hidrologia Aplicada**. Ouro Preto: [s.n.], 2015.

BAPTISTA, M.; LARA, M. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. São Paulo: [s.n.], 2014.

BRASIL, A. **Falta de saneamento básico causa mais de 273 mil internações em 2019, 2021**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2021-10/falta-de-saneamento-basico-causa-mais-de-273-mil-internacoes-em-2019>. Acesso em: junho 2022.

BUAINAIN, A. M. **Ainda é possível desenvolver o meio rural no Brasil? Revista Prefeitos & Vices.**, São Paulo, n. Ed. 35, Mai./Jun.-2015, 2015.

CAMPOS, S. E. A. . **Geoprocessamento Aplicado no Planejamento de Bacias Hidrográficas**. [S.l.]: Atena, 2019.

Carneiro, Patrício (Comunicação pessoal, 2022).

CASAGRANDE, A. E. S. E. B. C. **O espaço e a demografia: o planejamento regional em perspectiva nas margens paranaenses do Lago de Itaipu. Sociedade e Território**, Natal, v. Vol. 24, 2012.

CBHSF. O que é bacia hidrográfica. **Comitê de Bacia Hidrográfica de São Francisco**. Disponível em: https://cbhsaofrancisco.org.br/noticias/sustentabilidade_blog/o-que-e-bacia-hidrografica/. Acesso em: 12 julho 2022.

CEMADEN. Ameaças Naturais. **Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**, 2016. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/>. Acesso em: 13 julho 2022.

CLASSES de declividade. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA**, 1979. Disponível em: <https://ceivap.org.br/sesmaria/MAPA-SESMARIA-EMBRAPA-90-60.pdf>.

CNBB. CNBB -CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL.. **Casa Comum, nossa responsabilidade**, 2015.

CPRM. Ciclo hidrológico. **Serviço Geológico do Brasil - CPRM**. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/SGB-Divulga/Canal-Escola/Ciclo-Hidrologico-1376.html#:~:text=Defini%C3%A7%C3%A3o,superficial%20ou%20subterraneamente%2C%20ao%20oceano>. Acesso em: 12 julho 2022.

EPAL. Grupo águas de Portugal. **Ciclo da água**. Disponível em: <https://www.epal.pt/EPAL/menu/epal/comunica%C3%A7%C3%A3o-ambiental/ciclo-da>

IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques>. Acesso em: 02 junho 2022.

INPE. Introdução ao Geoprocessamento. **Manuais Tutorial de Geoprocessamento**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_geo.html. Acesso em: 13 julho 2022.

IPEA. Controle de Enchentes. **Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade**, 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/en/topics/231-controle-de-enchentes#:~:text=Destaca%2Dse%20que%20as%20regi%C3%B5es,abastecimento%20urbano%2C%20deteriorando%20sua%20qualidade>. Acesso em: 07 Agosto 2022

JÚNIOR, J. A. J.; MELLO, C. R. D.; ALVES, G. J. **Eventos extremos de precipitação no Alto Rio Grande, MG: Análise probabilística**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2015.

LACERDA, N. Fragmentação e integração movimentos de (re)estruturação espacial das metrópoles brasileiras. **Desafios ao planejamento produção da metrópole e questões ambientais**, p. p.21-42, 2013.

LIBÓRIO, D.; SAULE, N. J. **Princípios e instrumentos de política urbana**. *Enciclopédia Jurídica PUCSP*, 2017. Disponível em: <https://enciclopediajuridica.pucsp.br/verbete/76/edicao-1/principios-e-instrumentos-de-politica-urbana>. Acesso em: julho 2022.

LINHARES, F. N. **Repercussões do zoneamento urbano na formação do espaço urbano do município de palhoça**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2020.

MAPS, G. **Goole Maps - Piranga**, 2022. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/mapa-piranga.html>. Acesso em: 10 maio 2022.

MANFRÉ, E. R. **Êxodo rural e o desenvolvimento local das cidades de alfredo marcondes, presidente prudente e regente feijó**. *Revista alomorfia*, v. 5, 31 agosto 2021. p. 355-371, 31 ago. 2021.

MILOJEVIC, A.; ARMSTRONG, B.; WILKINSON, P. **Impactos das inundações na saúde mental: uma análise de séries temporais interrompidas e controladas de dados de prescrição na Inglaterra**. *Epidemiology e Community Health*, 2017.

ONU. **Desastres naturais foram responsáveis 45% de todas as mortes nos últimos 50 anos, mostra OMM**. *Nações Unidas Brasil*, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/142679-desastres-naturais-foram-responsaveis-por-45-de-todas-mortes-nos-ultimos-50-anos-mostra-omm>. Acesso em: 15 julho 2022.

PÓLIS, I. **Estatuto da Cidade: guia para implementação pelos municípios e cidadãos.** Brasília. 2002.

SAITO, M. S. M. **Desastres naturais: Conceitos básicos INPE.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acesso em: 03 abril 2022.

SALVADOR, M. D. M. **Avaliação do efeito das mudanças de cobertura do solo no comportamento hidrológico da Bacia Hidrográfica do Rio Piranga.** , Viçosa, 2014.

QGIS. Documentação do QGIS. **QGIS 2.8.** Disponível em: https://docs.qgis.org/2.8/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html#:~:text=Os%20dados%20raster%20s%C3%A3o%20compostos,representa%20uma%20caracter%C3%ADstica%20dessa%20regi%C3%A3o. Acesso em: 13 julho 2022.

SILVA, J. A. D. **Direito urbanístico brasileiro.** São Paulo: [s.n.], 2018.

SILVA, T. **Modelagem hidráulica do canal do rio Granjeiro, Crato/CE, utilizando o programa computacional HEC-RAS.** 2013.

SOUTO, L. V.; SOUSA JR, A. M. D.; LIMA JR, F. D. O. **Economia e aspectos da urbanização na microrregião de pau dos ferros, rio grande do norte, brasil.** *Revista brasileira de assuntos regionais e urbanos*, n. PUC Goiás, 2019.

TAGLIAFERRO, P. G. V. **Cinemática dos fluidos equação da continuidade,** São Paulo.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de Inundações Urbanas.** Ministério das Cidades. [S.l.]: [s.n.], 2005.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da drenagem urbana.** a. Brasília: : CEPAL/IPEA, 2012.

