

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA DO PONTAL

ACACIO MARIANO FERREIRA NETO

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CÓRREGO SÃO JOSÉ EM ITUIUTABA - MG**

Ituiutaba
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS

ACACIO MARIANO FERREIRA NETO

FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ EM ITUIUTABA - MG

Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Geografia do Pontal - Área de concentração: Produção do espaço e dinâmicas ambientais, do Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Linha de pesquisa: Dinâmicas Ambientais

Orientadora: Profa. Dra. Jussara dos Santos
Rosendo

Ituiutaba
2020

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

F383 Ferreira Neto, Acacio Mariano, 1988-
2020 FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
CÓRREGO SÃO JOSÉ EM ITUIUTABA - MG [recurso eletrônico] / Acacio
Mariano Ferreira Neto. - 2020.

Orientadora: Jussara Rosendo.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.670> Inclui
bibliografia. Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Rosendo, Jussara ,1980-, (Orient.). II.
Universidade Federal de Uberlândia. Pós-graduação em
Geografia. III. Título.

CDU: 910.1

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia - Pontal

Rua Vinte, 1600, Bloco D, Sala 300 - Bairro Tupã, Uberlândia-MG, CEP 38304-402 Telefone: (34) 3271-5305/5306 - www.ppgep.facip.ufu.br - ppgep@ufu.br

**ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

Programa de Pós-Graduação em:	Geografia do Pontal - PPGEp				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico				
Data:	30 de Junho de 2020	Hora de início:	14:06hs	Hora de encerramento:	17:11hs
Matrícula do Discente:	21812GEO001				
Nome do Discente:	Acácio Mariano Ferreira Neto				
Título do Trabalho:	FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ EM ITUIUTABA – MG				
Área de concentração:	Produção do espaço e Dinâmicas ambientais				
Linha de pesquisa:	Dinâmicas Ambientais				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Ambiente, natureza e dinâmicas socioambientais				

Reuniu-se através de conferência pelo Google Meet, Campus Pontal, da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Geografia do Pontal assim composta: Professores Doutores: Leda Correia Pedro Miyazaki - ICHPO; Alécio Perini Mar ns - UFG/JATAÍ/GO e Jussara dos Santos Rosendo - ICHPO orientadora do candidato.

Iniciando os trabalhos a presidente da mesa, Jussara dos Santos Rosendo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ul mada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

APROVADO

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do tulo de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

https://www.sei.ufu.br/sei/controlador.php?acao=documento_visualizar&acao_origem=protocolo_pesquisar&id_documento=2382163&infra_siste...
1/2 30/11/2021 10:23 SEI/UFU - 2107889 - Ata de Defesa - Pós-Graduação



Documento assinado eletronicamente por **Jussara dos Santos Rosendo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/06/2020, às 17:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Leda Correia Pedro Miyazaki, Professor(a) do Magistério Superior**, em 30/06/2020, às 17:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alécio Perini Martins, Usuário Externo**, em 02/07/2020, às 11:16, 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 https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2107889** e o código CRC **C3D6F839**.

Esta dissertação é inteiramente dedicada
à minha mãe, a maior incentivadora das
realizações dos meus sonhos.

Te amo imensamente!

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. **Jussara dos Santos Rosendo**, pela compreensão, pelas correções, pelos puxões de orelha, pelas dicas, paciência e, principalmente, pelo carinho de todos esses anos.

À Profa. Dra. **Leda Correia Pedro Miyazaki**, e ao Prof. Dr. **Alécio Perini Martins**, por terem aceito o convite para compor as bancas, tanto de qualificação, quanto de defesa desta dissertação, pelas relevantes contribuições apontadas nas arguições.

A todos os **servidores do PPGE**, assim como os ex-servidores, que se dedicam ou se dedicaram ao bom funcionamento do programa, sempre com simpatia e sorriso no rosto. Em especial à **Laiane Cristina**, ex-secretária, pois sem sua inesgotável paciência não teria sequer me inscrito no processo seletivo.

À **Mariluz Severino**, pela correção ortográfica.

A **todos os amigos** que cultivei nesses anos de Geografia e que levo para a vida.

A **todos os colegas do PPGE**, em especial à **Ludmylla Arantes Andrade** e à **Isabohr Mizza Velloso dos Santos**, por todo apoio e incentivo durante essa jornada.

À amiga **Tatiane Pinheiro**, recém-chegada, porém já querida, pelo incentivo e principalmente pela ajuda com a tradução do *abstract*.

À minha mãe **Lusia Cândida de Jesus**, maior responsável pelo meu crescimento, me apoiando em todos os momentos e de todas as maneiras possíveis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classes de declividade	52
Tabela 2: Classes de declividade da Bacia do Córrego São José	67

Tabela 3: Volumes de precipitação registrados em Ituiutaba entre 1989 e 2018	70
Tabela 6: Pesos atribuídos às classes de elevação	76
Tabela 7: Classes de declividade da Bacia do Córrego São José de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994)	76
Tabela 8: Classes de fragilidade do solo de acordo com Ross (1994)	78
Tabela 9: Classes de fragilidade potencial na Bacia Hidrográfica do Córrego São José	80
Tabela 10: Classes de uso da terra na Bacia do Córrego São José	84
Tabela 11: Classes de fragilidade emergente na Bacia do Córrego São José.....	84

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Registros de precipitação em Ituiutaba entre os anos de 1989 e 2018	71
Gráfico 2: Distribuição das precipitações extremas em Ituiutaba entre os anos de 1989 e 2018	72
Gráfico 3: Distribuição anual das ocorrências de atendimento registradas pelo Corpo de Bombeiros.	74
Gráfico 4: Volumes de precipitação diária no mês de janeiro de 2008 em Ituiutaba	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Trechos do Córrego São José	55
Figura 2: Ocupação irregular em planície de inundação	26
Figura 3: Processos que ocorrem em uma área urbana	32
Figura 4: Alagamentos na Avenida José João Dib	54
Figura 5: Tipos de bocas de lobo na Avenida José João Dib: A- com grade, com rebaixamento; B- com grade, sem rebaixamento	58
Figura 6: Consequência das chuvas na Avenida Minas Gerais no Município de Ituiutaba MG	59
Figura 7: Tipos de bocas de lobo na Avenida Minas Gerais: A- com grade, com rebaixamento, B- com grade, sem rebaixamento, C- múltipla, com abertura na guia, sem depressão	60
Figura 8: Perfil de elevação da Avenida Minas Gerais	62
Figura 9: Recorte vertical referente ao perfil de elevação	62
Figura 10: Baixo curso do Córrego São José	82

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Localização do município de Ituiutaba	20
Mapa 2: Disposição das avenidas Minas Gerais e José João Dib na Bacia do Córrego São José e na área urbana de Ituiutaba	21
Mapa 3: Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo	41
Mapa 4: Trecho canalizado do Córrego São José sob a Avenida José João Dib	56
Mapa 5: Disposição de bocas de lobo na Avenida José João Dib	57
Mapa 6: Disposição das bocas de lobo na Avenida Minas Gerais	60
Mapa 7: Hierarquia de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego São José	65
Mapa 8: Elevação da Bacia Hidrográfica do Córrego São José	65
Mapa 9: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego São José	68
Mapa 11: Classes de declividade, de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994) ...	77
Mapa 12: Tipos de solo na Bacia Hidrográfica do Córrego São José	79
Mapa 13: Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Córrego São José.....	81
Mapa 14: Mapa de uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego São José	83
Mapa 15: Fragilidade emergente da Bacia Hidrográfica do Córrego São José	85

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
ALOS	<i>Advanced Land Observing Satellite</i>
APP	Área de Preservação Permanente
ASF	<i>Alaska Satellite Facility</i>
CBERS	<i>China-Brazil Earth-Resources Satellite</i>
COBRADE	Classificação e Codificação Brasileira de Desastres
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISDR	<i>International Strategy for Disaster Reduction</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
OMM	Organização Meteorológica Mundial
PALSAR	<i>Phased Array type L-Band Synthetic Aperture Radar</i>
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SUMÁRIO	

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Caracterização da área de estudo	19
2. APORTE TEÓRICO	21
2.1. Processos e Unidades de Análise Ambiental	28
2.2. A Drenagem Pluvial Urbana e as Consequências da Urbanização	30
2.3. Estudos de Caso de Inundações Urbanas no Brasil	34
3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
3.1. Materiais.....	40
3.2. Procedimentos Metodológicos	41
3.2.2. Variabilidade pluviométrica.....	41

3.2.3. Delimitação da bacia hidrográfica e extração da rede de drenagem.....	44
3.2.4. Fragilidade potencial e emergente	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
4.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ	71
4.3.1. As precipitações e seus impactos em Ituiutaba - MG.....	71
4.3.2. Elevação.....	77
4.3.3. Pedologia	80
4.4.Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente da Bacia do Córrego São José	82
REFERÊNCIAS.....	91
ANEXO 1: CHUVAS A PARTIR DE 30MM / 24 H ENTRE 1989 E 2018.....	97
ANEXO 2 – TEMPERATURA MÉDIA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO OCEANO PACÍFICO TROPICAL E INDICAÇÃO DE OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS	100
EL NIÑO E LA NIÑA (1987-2016).....	100
ANEXO 3: PASSO A PASSO PARA A DELIMITAÇÃO DE BACIAS IDROGRÁFICAS POR MEIO DO <i>SOFTWARE</i> TAUDEN INSTALADO E HABILITADO NO QGIS	102

RESUMO

Os problemas de origem hidrológica, como inundações, enchentes e alagamentos, são impactos ambientais comumente observados em ambientes urbanos, estes podem ser ocasionados por diversos fatores, sendo o principal deles o mal ordenamento do processo de urbanização. Esta pesquisa teve como principal objetivo analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, em Ituiutaba-MG. Para tal, analisou-se a variabilidade pluviométrica entre os anos de 1989 e 2018 por meio dos dados das estações meteorológicas mais próximas da área de estudos, com enfoque na ocorrência de precipitações extremas, relacionando-as com os registros de ocorrências realizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar da cidade. Foi realizada também a análise dos parâmetros morfométricos da bacia, assim como das suas fragilidades potencial e emergente. Verificou-se que acontecem em média 12 episódios de precipitação extrema na área de estudos, sendo esses, em geral, concentrados entre os meses de outubro e março, período em que se concentraram também as ocorrências registradas pelo Corpo de Bombeiros. Os índices e os coeficientes avaliados na análise morfométrica apontam uma baixa tendência natural da bacia a enchentes e inundações, resultado esse, corroborado pelo estudo de sua fragilidade potencial, que indicou uma predominância de áreas de baixa fragilidade, com exceção de uma pequena parte no baixo curso que apresentou fragilidade alta (10,3 %) e muito alta (2,4 %). A fragilidade emergente, por sua vez, apresentou uma fragilidade significativamente maior, sendo os locais onde há ocupação urbana, basicamente todos apresentando fragilidade alta ou muito alta, representando 39,2 e 14,5 % da área total respectivamente. As avenidas Minas Gerais e José João Dib são, de acordo com os registros de ocorrências do Corpo de Bombeiros e as notícias veiculadas pela mídia local, os pontos da bacia que mais apresentam problemas relacionados às precipitações. Na primeira, são observados eventos de escoamento superficial concentrado quando ocorrem chuvas intensas, e na segunda, verificam-se alagamentos. Em ambos os casos, as ocorrências são relacionadas à ineficiência do sistema de drenagem e a intensa impermeabilização do solo.

Palavras chave: impactos ambientais; alagamentos; morfometria; fragilidade; urbanização.

ABSTRACT

Problems of hydrological origin, such as floods, inundation and overflow, are environmental impacts commonly observed in urban environments, these problems can be caused by several factors, the main one being the poor ordering of the urbanization process. This research had as main goal to analyze the environmental fragility of the São José Stream Basin in Ituiutaba-MG. To this end, the rainfall variability between 1989 and 2018 was analyzed using data from meteorological stations closest to the study area, with a focus on the occurrence of extreme rainfall, relating them to the record of occurrences carried out by the Military Fire Brigade of the city, an analysis of the basin's morphometric parameters was also carried out, as well as its potential and emerging weaknesses. It was found that an average of 12 episodes of extreme precipitation occur in the study area, these being, in general, concentrated between the months of October and March, a period in which the occurrences recorded by the Fire Department were also concentrated. The indices and coefficients found in the morphometric analysis point to a low natural tendency of the basin to floods and inundation, a result corroborated by the study of its potential fragility, which indicated a predominance of areas of low fragility, except for a small part in the low course which presented high fragility (10.3%) and very high (2.4%). The emerging fragility, in turn, showed a significantly greater fragility, being the places where there is urban occupation, basically all showing high or very high fragility, representing 39.2 and 14.5% of the total area respectively. The avenues Minas Gerais and José João Dib are, according to the report of occurrences of the Fire Brigade and the news carried by the local media, the points of the basin where they present more problems related to precipitations, being observed in the first, in occasions of intense rain, concentrated runoff events, and in the second, flooding. Both caused due to the inefficiency of the drainage system and intense waterproofing of the soil.

Keywords: environmental impacts; flooding; morphometry; fragility; urbanization.

1. INTRODUÇÃO

Entre as décadas de 1960 e 1980 houve um súbito crescimento da população humana, de acordo com Cerqueira (2010), durante a década de 1960 a população mundial era de 3 milhões de pessoas, alcançando o número de 5 milhões nos anos 1980, ou seja, o crescimento médio populacional nesse período foi de aproximadamente 2% ao ano, atualmente essa taxa anual gira em torno de 1,2%. Atrelado a esse fenômeno de crescimento populacional está também o crescimento da necessidade de produção de alimentos e recursos básicos necessários à sobrevivência e bem-estar, como a água e energia elétrica por exemplo.

No Brasil esse aumento populacional se intensificou entre a segunda metade do século XX e o início do século XXI, onde a população passou de 41 milhões de habitantes em 1940 para pouco mais de 210 milhões em 2019, segundo estimativas do IBGE, ou seja, nesse período de 7 décadas a população brasileira cresceu mais de 500%.

Esse crescimento populacional, tanto no território brasileiro quanto mundial, está diretamente relacionado, entre outros fatores, à tendência de crescimento da busca pela acumulação de capital sem considerar que os recursos naturais são em sua maioria esgotáveis. Graças a esses e outros fatores, os índices de desmatamento estão cada vez mais elevados, dando lugar, na maior parte dos casos, à agricultura baseada em *commodities* voltada à exportação e à pecuária extensiva.

Esses prejuízos ao meio ambiente atingem a sociedade tanto direta quanto indiretamente e uma das faces mais explícitas desse processo é a urbanização de maneira mal/não ordenada, na qual se ocupa locais susceptíveis a eventos naturais, como alagamentos, inundações e deslizamentos, por isso segundo Ross (1994), é cada vez mais urgente que se faça inserções antrópicas que levem em consideração, além da cautela no manejo dos recursos, a fragilidade dos ecossistemas e dos ambientes naturais. Assim, para a realização de um ZEE ou mesmo para a construção de uma pesquisa científica, deve-se partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão da dinâmica do ambiente natural como um “sistema integrado”.

Os casos de eventos hidrológicos críticos têm se intensificado no Brasil nas últimas décadas, as consequências desses acontecimentos variam desde prejuízos econômicos até perda de vidas humanas, um dos fatores intensificadores desses eventos, é visto como o aumento cada vez mais crescente do processo de urbanização que na grande maioria das vezes acontece de forma mal planejada.

Na maior parte dos casos o planejamento de maneira incorreta ou incompleta por parte dos órgãos públicos, aliado à má distribuição de renda e outros fatores sociais, fazem com que as populações menos favorecidas economicamente, por falta de opção e/ou de condições financeiras, sejam forçadas a ocupar áreas de risco como planícies de inundação e áreas de encostas impróprias a moradia, intensificando ainda mais esses riscos. Essas planícies de inundação, por natureza, em determinados períodos temporais, mais precisamente em eventos de precipitação extrema, são como o próprio nome diz, passíveis de inundação, o que é potencializado pela impermeabilização do solo nas vertentes e a falta ou ineficiência de uma rede de drenagem pluvial.

No Brasil, apesar das discussões acerca do tema estarem cada vez mais em pauta e um moderno conjunto de leis estarem em vigência visando a proteção e manutenção saudável do ambiente, têm-se percebido uma lamentável ineficácia nas ações com o mesmo objetivo, por isso muitas áreas que deveriam ser preservadas para uma manutenção equilibrada do ambiente, contribuindo para garantir a disponibilidade de recursos naturais essenciais para a humanidade, acabam sendo apropriadas inadequadamente pelo homem (FONSECA, 2017).

Têm-se observado um aumento nos casos de eventos relacionados às precipitações no município de Ituiutaba-MG, esse aumento pode ser observado, por exemplo, pelo crescimento do número de matérias publicadas pela mídia local a respeito de prejuízos causados por esses eventos, nesse sentido, tratando-se especificamente da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, a hipótese levantada é de que o processo de urbanização propiciou alterações em suas dinâmicas naturais, de modo que a população local paga um alto preço pelo planejamento mal sucedido por parte dos órgãos públicos, visto que esse processo interfere diretamente no equilíbrio dos ambientes naturais, o que pode prejudicar a qualidade de vida dos moradores das áreas de risco, com destaque àqueles com baixo poder aquisitivo. Partindo desse pressuposto, adotou-se como justificativa para a elaboração deste trabalho a escassez de estudos na área de pesquisa, no sentido de identificar as reais causas do problema, contribuindo para suprir a carência de dados, o que pode subsidiar políticas públicas voltadas a minimizar os riscos a que a população está sujeita.

Tendo em vista as informações citadas anteriormente, e observando a cada ano, em períodos de chuvas mais intensas, a imprensa ituiutabana divulgando notícias acerca de problemas relacionados às precipitações, buscou-se no decorrer do desenvolvimento dessa pesquisa, a partir das características físicas da Bacia do Córrego São José e de seus dados pluviométricos,

responder aos seguintes questionamento: a bacia possui alguma tendência a alagamentos quando desconsiderada a ocupação antrópica e as modificações derivadas desse processo?

O principal objetivo desta pesquisa foi analisar a fragilidade potencial e emergente da bacia Hidrográfica do Córrego São José, em Ituiutaba-MG, considerando suas características físicas e as modificações antrópicas. Os objetivos específicos incluíram: analisar as características físicas da bacia, com foco nas precipitações e análise morfométrica; avaliar a propensão natural da bacia a inundações e alagamentos; investigar as precipitações no município de Ituiutaba entre os anos de 1989 e 2018 e relacioná-los aos eventos de origem hidrológica ocorridos na bacia.

1.1. Caracterização da área de estudo

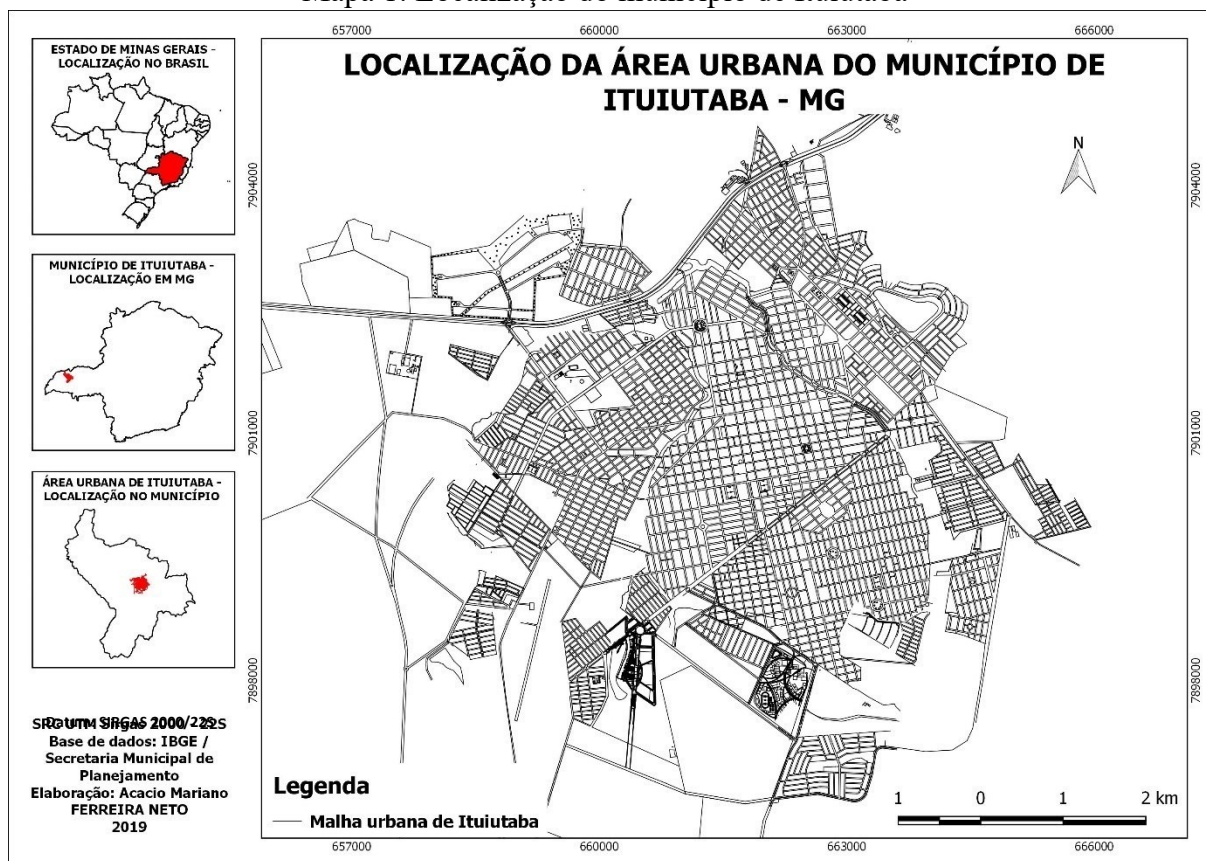
O município de Ituiutaba está localizado na microrregião de Ituiutaba, pertencente à mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Está compreendido entre as coordenadas 18°36'36" e 19°21'43" de latitude sul, e, 49°10'52" e 49°52'19" de longitude oeste (Mapa 1).

O clima no município é identificado, de acordo com a classificação de Koeppen, como Aw, clima tropical de savana, com verão chuvoso que se estende de novembro a abril e inverno nitidamente seco, de maio a outubro. O mês mais frio do ano é o mês de junho e possui média de temperatura superior a 20,1°C, as precipitações anuais somam em média um volume de 1450 mm (QUEIROZ; COSTA, 2012).

Ainda segundo Queiroz e Costa (2012), o Cerrado *strictu sensu* é o tipo de vegetação predominante no município, porém nas áreas mais baixas é comum encontrar as veredas, que são caracterizadas por solo mal drenados e acúmulos de águas, o que formam as nascentes das áreas de cerrado. Nas partes mais altas encontram-se os cerradões, que são decorrentes de solos mais desenvolvidos, porém na região, os mesmos se encontram quase todos desmatados devido ao avanço da agropecuária.

De acordo com o censo 2010, Ituiutaba naquele ano possuía uma população de 97.171 pessoas, estima-se, segundo o IBGE, que em 2019 essa população alcançou o número de 104.671 pessoas, tendo um crescimento de 7,71 %. Esse aumento populacional tem como consequências: a expansão da malha urbana, ocupando-se cada vez mais áreas impróprias à moradia humana e também a intensificação da impermeabilização do solo, o que pode contribuir para a ocorrência de eventos de origem hidrológica no município.

Mapa 1: Localização do município de Ituiutaba



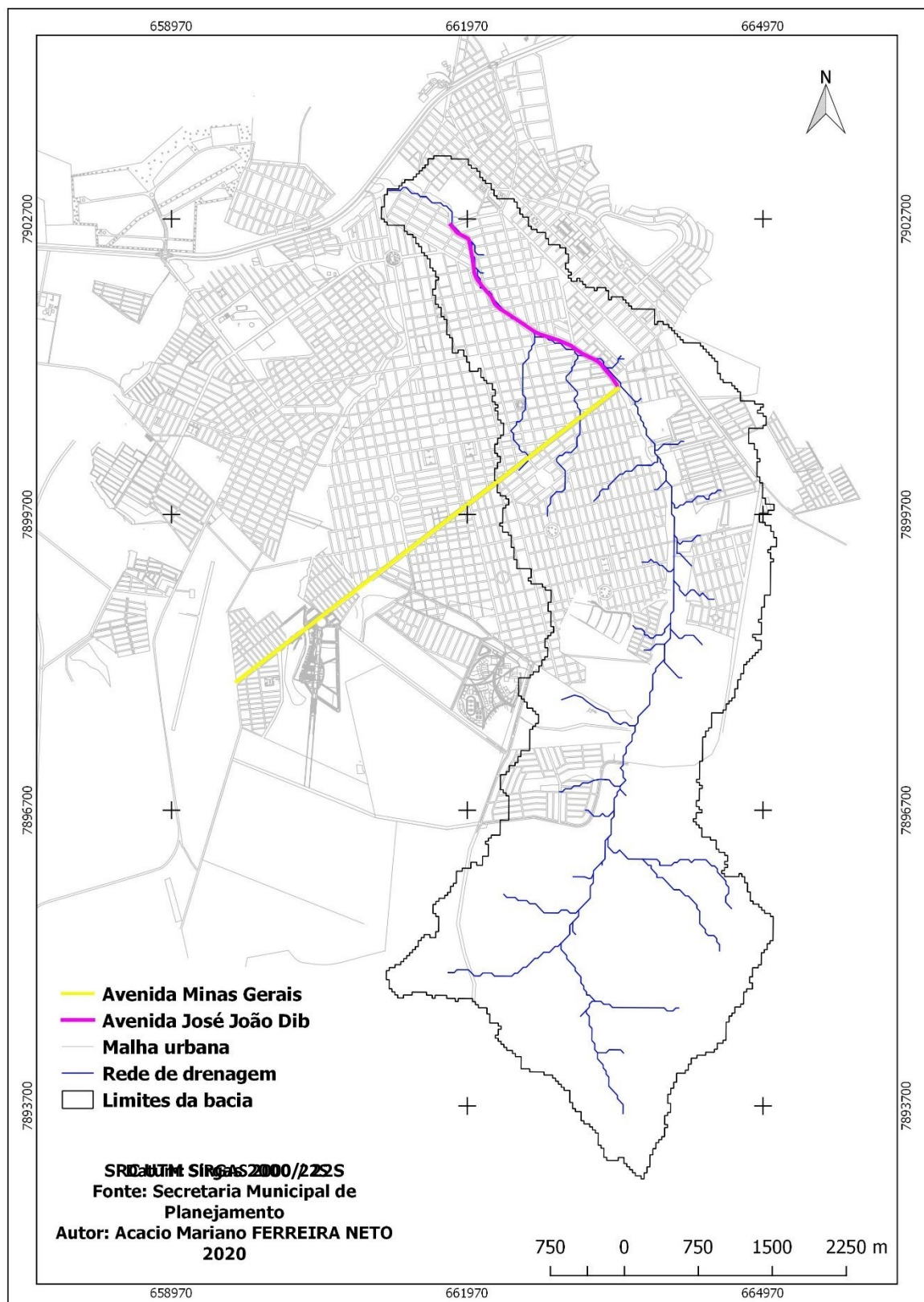
Fonte: Bases cartográficas IBGE; Secretaria Municipal de Planejamento

Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

A Bacia Hidrográfica do Córrego São José está localizada na porção leste do município de Ituiutaba e possui 2.220,71 ha de área de drenagem total, na qual possui abarcada cerca de 32% da área urbana do município.

Observando as notícias veiculadas pela mídia ituiutabana é possível verificar que os problemas de origem hidrológica na Bacia do Córrego São José estão concentrados basicamente em 2 avenidas de importante papel para o município: a Avenida Minas Gerais, que está localizada na vertente oeste e possui 4,9 km de extensão total e a Avenida José João Dib, que está localizada no talvegue da bacia, sobre o Córrego São José (Mapa 2).

Mapa 2: Disposição das avenidas Minas Gerais e José João Dib na Bacia do Córrego São José e na área urbana de Ituiutaba



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento
 Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

2. APORTE TEÓRICO

Por mais que o conhecimento tecnológico e da natureza avancem a cada dia, as sociedades ainda se encontram vulneráveis às forças da natureza e se encontram ainda indefesas diante de eventos naturais extremos, particularmente aqueles de origem meteorológica, hidrológica e geológica, não importa o local onde ocorram, sempre acarretam prejuízos às economias e populações locais.

Os fenômenos naturais podem ser classificados de acordo com a sua escala de intensidade. Segundo Monteiro e Mendonça (2003), os fenômenos considerados normais são aqueles que ocorrem cotidianamente, com alta frequência e que o homem a eles se adapta ou se ajusta naturalmente. Aqueles fenômenos que acarretam grandes danos à população em sua área de influência, são classificados, ainda por Monteiro e Mendonça (2003), por fenômenos de grande intensidade, esses últimos ocorrem com menor frequência com relação aos primeiros.

Tanto os eventos naturais considerados normais quanto os de grande intensidade, quando superam a capacidade material de determinada organização social, ainda segundo Monteiro e Mendonça (2003), se tornam perigosos ao homem, assim passam a ser chamados de eventos extremos.

Hora (2009 p.58) reporta ao ISDR (*International Strategy for Disaster Reduction*), 2007 no qual traz a definição de risco como sendo:

(...) a probabilidade de consequências prejudiciais, ou perdas previstas (mortes, ferimentos, propriedade, meios de subsistência, interrupção de atividade econômica ou destruição ambiental) resultando das interações entre perigos naturais ou sociais e circunstâncias vulneráveis.

Monteiro e Mendonça (2003) complementam dizendo que, quando os eventos extremos atingem um grau de afetabilidade alto em um ou mais setores produtivos, causando danos graves à infraestrutura física e de serviços, temos as chamadas catástrofes ou desastres naturais, o que tornam críticas as condições de vida de amplos setores da população afetada.

As ameaças dos desastres naturais são maiores nos grandes centros urbanos, onde há uma grande concentração de pessoas e patrimônios materiais. Isso ocorre pelo fato destes serem ambientes profundamente alterados antropicamente (FONSECA, 2017). Nesse sentido, Costa (2011, p.202) afirma que:

O risco ambiental nada mais é do que um processo que se estrutura no decorrer do tempo, não estando ligado somente aos eventos naturais ou catastróficos como acidentes industriais, grandes enchentes, etc. A evolução do risco é um somatório de processos em diferentes segmentos temporais e é uma produção do modo de vida moderna que faz parte do cotidiano das cidades nos dias atuais.

Em um contexto mais amplo, o Ministério das cidades e o Instituto de pesquisas tecnológicas (2007, p.26), definem risco como sendo a “Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade”.

Na bibliografia sobre risco ambiental, ocorre uma classificação dos riscos em três tipos: os de gênese natural, os tecnológicos e os sociais, porém, na maior parte das vezes, a origem dos mesmos os fazem pertencentes a mais de uma classe, como por exemplo as inundações, que são decorrentes das precipitações intensas que incidem sobre uma determinada área, no entanto, podem ser potencializadas por fatores antrópicos, como um sistema de drenagem ineficiente ou mesmo inexistente, por exemplo, deste modo tem-se um problema de origem natural e social (FONSECA, 2017).

Para Egler (1996, p.34), entende-se a classificação dos riscos ambientais da seguinte forma:

- a) risco natural, associado ao comportamento dinâmico dos sistemas naturais, isto é, considerando o seu grau de estabilidade/instabilidade expresso na sua vulnerabilidade a eventos críticos de curta ou longa duração, tais como inundações, desabamentos e aceleração de processos erosivos;
- b) risco tecnológico, definido como o potencial de ocorrência de eventos danosos à vida, a curto, médio e longo prazo, em consequência das decisões de investimento na estrutura produtiva. Envolve uma avaliação tanto da probabilidade de eventos críticos de curta duração com amplas consequências – explosões, vazamentos ou derramamentos de produtos tóxicos –, como também a contaminação a longo prazo dos sistemas naturais de lançamento e deposição de resíduos do processo produtivo.
- c) risco social, visto como resultante das carências sociais ao pleno desenvolvimento humano que contribuem para a degradação das condições de vida. Sua manifestação mais aparente está nas condições de habitabilidade, expressa no acesso aos serviços básicos, tais como água tratada, esgotamento de resíduos e coleta de lixo. No entanto, em uma visão a longo prazo pode atingir as condições de emprego, renda e capacitação técnica da população local, como elementos fundamentais ao pleno desenvolvimento humano sustentável.

Egler (1996) cita três critérios básicos na qual a elaboração de uma metodologia deve seguir para conseguir abranger a concepção de risco ambiental, são eles: a vulnerabilidade dos sistemas naturais; a densidade e o potencial de expansão da estrutura produtiva local e o grau de criticidade das condições de habitabilidade, sendo o primeiro, compreendido como o patamar entre a estabilidade dos processos biofísicos e situações instáveis, onde existem perdas substantivas de produtividade primária; o segundo procura expressar os fixos e os

fluxos econômicos de uma determinada porção do território em uma concepção dinâmica e, por fim, o terceiro, que é visto como a defasagem entre as atuais condições de vida e os mínimos requeridos para o pleno desenvolvimento humano.

De acordo com a ISDR (2007), entre os anos de 1991 e 2005, os desastres naturais fizeram cerca de 960.000 vítimas no mundo, afetando mais de 3,47 bilhões de pessoas e provocando um prejuízo de mais de 1 trilhão de dólares.

No Brasil, segundo Gonçalves (2003), os fenômenos relacionados às variações bruscas de temperatura, como por exemplo as geadas ocorrentes nas regiões Sul e Sudeste, são os eventos de maior repercussão, enquanto que os mais significativos são aqueles resultantes de oscilações hídricas, ou seja, são os oriundos de episódios pluviais extremos, sejam esses positivos ou negativos (secas e enchentes), estes são os mais significativos e constituem insumos, por excelência, de calamidades, e também causam o verdadeiro impacto social, ambiental e econômico ao país. Tais eventos, embora sejam de ordem natural, ocasionados pelas disritmias dos sistemas meteorológicos, acabam sendo afetados e recebendo contribuições de ações antrópicas, o que acaba acarretando um aumento na frequência, agressividade e também na área impactada.

Evitar a ocorrência de eventos naturais extremos está fora das capacidades humanas, porém algumas medidas preventivas básicas podem ser tomadas para que as consequências e o prejuízo causado por tais acontecimentos sejam minimizados, essas medidas, segundo Kobiyama et al. (2006), podem ser divididas em dois tipos: as estruturais e as não estruturais. As medidas preventivas estruturais são aquelas oriundas de obras de engenharia, como por exemplo a construção de diques de contenção, muros de arrimo, barragens, etc., já as medidas preventivas não estruturais são as que envolvem ações de planejamento e gerenciamento, são exemplos dessas medidas os sistemas de alerta e zoneamento ambiental, nesse caso, a existência ou não de atividades humanas já implantadas em áreas susceptíveis a desastres é fator determinante na escolha do tipo de medida adotada, ou seja, em áreas onde ainda não existem atividades humanas, segundo Kobiyama et al. (2006, p.31):

A implantação da infra-estrutura necessária às atividades humanas deve ser orientada por um zoneamento ambiental que considere a possibilidade de riscos ambientais, o que, na prática, é representado por mapas de áreas de risco. As restrições de uso são dependentes do risco ao qual está submetida uma área. Por exemplo, em algumas áreas de alto risco são permitidas apenas as ocupações para fins comunitários (parques, praças etc.);

Em áreas susceptíveis a desastres, onde já existem atividades humanas e infraestrutura implementadas, Kobiyama et al. (2006, p.31) indica:

(...) a criação de um sistema de alerta nestas áreas pode auxiliar na redução dos danos e prejuízos. Para tanto, os principais fatores causadores dos desastres devem ser monitorados continuamente e, paralelamente, os dados devem alimentar um modelo capaz de simular os fenômenos em tempo real. Assim, no momento em que o sistema identifica a aproximação de uma condição crítica, inicia-se o processo de alerta e retirada da população do local de risco.

Ainda segundo Kobiyama et al. (2006), o cuidado com a prevenção acerca de um desastre natural deve ser tratado durante todas as suas etapas, assim como vemos no Quadro 1

Quadro 1: Fases de um desastre natural e ações a serem tomadas

Etapas	Classificação	Descrição
pré-evento (antes)	Prevenção e preparação	Antes de ocorrer os desastres, são realizadas atividades para reduzir os futuros possíveis prejuízos.
Evento (durante)	Resposta	Durante e logo depois de ocorrência de desastres, são realizadas ações emergenciais. Uma das ações fundamentais é o levantamento (registro).
Pós- evento (depois)	Reconstrução	Após os desastres, atua-se na restauração e/ou reconstrução e/ou compensação dos prejuízos.

Fonte: Kobiyama et al. (2006)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Para Castro (1998), um desastre pode ser resultado de algum evento adverso, natural ou provocado pelo homem, que cause prejuízos econômicos sobre um ecossistema vulnerável. A intensidade de tal evento depende da interação entre o seu grau de magnitude e a vulnerabilidade do sistema receptor afetado.

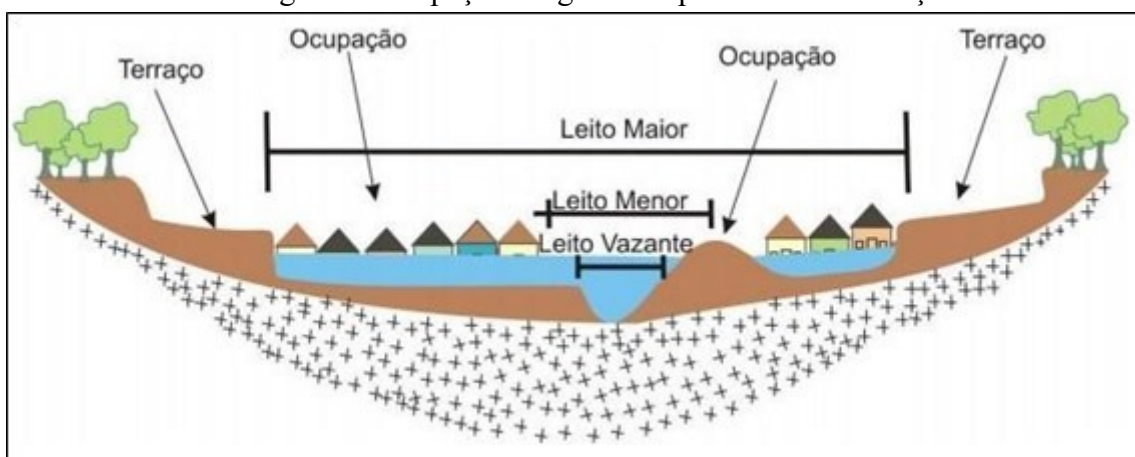
De maneira geral, quando um fenômeno natural atinge uma área habitada pelo homem, causando-lhe prejuízo de qualquer forma que seja, esse fenômeno passa a ser chamado de desastre natural.

Diversas podem ser as causas dos desastres naturais, entre elas estão: inundações, erosões, terremotos, escorregamentos, tornados, furacões, tempestades e estiagens. De acordo com Tominaga et al. (2009), a variedade climática e o aquecimento global podem estar associados ao aumento da frequência de chuvas intensas, tornados e estiagens severas, aumentando a possibilidade de incidência de desastres naturais. Tudo isso potencializado pelo

crescimento das cidades em um acelerado processo de urbanização, sobretudo, em áreas impróprias à ocupação.

No Brasil, muito tem se falado a respeito da preservação do meio ambiente e conscientização ambiental. Em 2012 foi sancionada a lei nº 12.651, mais conhecida como “Novo código florestal”. As cidades teoricamente estão sendo pressionadas a elaborar seu plano diretor, porém, mesmo com tantas políticas voltadas ao assunto, é notório a má efetividade e o descaso por parte do poder público quando se trata de realmente colocar em prática o que foi planejado, um grande exemplo de negligência a respeito dessas políticas é a ocupação inadequada das planícies de inundação dos cursos d’água, principalmente em ambientes urbanos (Figura 1). Quase todas as cidades brasileiras, cujo sua área urbana seja entrecortada por córregos, rios e etc., apresentam problemas de ocupação do solo. A maior parte dessas planícies de inundação encontram-se ocupadas inadequadamente. Fonseca (2017), aponta os grupos menos favorecidos da sociedade como os principais sujeitos desse fenômeno.

Figura 1: Ocupação irregular em planície de inundação



Fonte: Reis, F. A. G. V. (2001)

Guerra (2006, p.494) define planície de inundação como sendo uma “superfície pouco elevada acima do nível médio das águas, sendo frequentemente inundada por ocasião das cheias”. Assim, a planície de inundação ou o leito maior, contempla as áreas existentes após os diques marginais onde estão as várzeas.

É natural que um curso d’água ocupe esse leito maior em períodos de chuvas intensas, mesmo que tal evento não seja habitual, nesse sentido, de acordo com o Ministério das Cidades e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2007):

Por vezes, no período de enchente, as vazões atingem tal magnitude que podem superar a capacidade de descarga da calha do curso d’água e extravasar para áreas

marginais habitualmente não ocupadas pelas águas. Este extravasamento caracteriza uma inundação, e a área marginal, que periodicamente recebe esses excessos de água denomina-se planície de inundação, várzea ou leito maior.

O problema das inundações e alagamentos nas cidades brasileiras é um fenômeno que vêm ocorrendo com cada vez mais frequência, as falhas de planejamento aliadas a falta de políticas públicas no sentido de nortear a ocupação do solo de maneira adequada, são alguns dos fatores antrópicos causadores de tais impactos e os prejuízos desses eventos, em geral são perdas materiais e até mesmo, em casos mais graves, baixas humanas.

As inundações, de maneira geral, são fenômenos hidrológicos extremos, ocorridos de formas naturais ou induzidos antropicamente, na qual uma determinada área, habitualmente emersa, torna-se submersa.

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), as inundações ocorrem quando as planícies marginais de um rio acabam ocupadas pela água devido a ocorrência de transbordo, nessas condições, quando o solo não tem capacidade de infiltrar todo o volume de precipitação, a água remanescente escoar para o sistema de drenagem, superando sua capacidade natural de escoamento, ocupando assim as áreas de várzea desse curso d'água.

Os alagamentos, por sua vez, de acordo com as análises de Grilo (1992), ocorrem geralmente em áreas planas ou com depressões e fundos de vale, geralmente nesses casos o escoamento superficial encontra-se comprometido pela topografia e há a falta ou insuficiência do sistema de drenagem pluvial no ambiente urbano. Ainda, quanto menor a extensão de áreas verdes, menor a infiltração de água no solo, o que alimenta os aquíferos suspensos, causando menor auxílio para o escoamento superficial. (TEODORO; NUNES, 2007)

A COBRADE, por sua vez, define alagamentos como a extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem pluvial e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas em decorrência de precipitações intensas.

Sendo assim, segundo Perez Filho et al. (2006), o planejamento estrutural urbano é feito usando apenas o estado médio dos fenômenos meteorológicos, desconsiderando as anomalias ocorrentes esporadicamente em períodos de chuva extrema. Os autores classificam esse fato como uma das maiores dificuldades na prevenção dos impactos pluviais.

Uma importante ferramenta na prevenção e atenuação dos prejuízos advindos dos impactos pluviais é o emprego das Geotecnologias no sentido de identificar as áreas de risco, que segundo o Ministério das Cidades (2007), “são os terrenos marginais a cursos d'água,

ocupados por núcleos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto de fenômenos naturais”.

2.1. Processos e Unidades de Análise Ambiental

O ritmo de crescimento da população humana tem diminuído nas últimas décadas, porém não deixou de existir a necessidade da produção de alimentos e recursos básicos para a sua sobrevivência e seu bem-estar. Aliado a este fator está a busca pela acumulação de capital, sem considerar que os recursos naturais, em sua maioria, são esgotáveis. Graças a esses e outros fatores, os índices de desmatamento estão cada vez mais elevados, dando lugar, na maior parte dos casos, ao cultivo de monoculturas voltadas à exportação e à pecuária extensiva.

Esses prejuízos ao meio ambiente atingem a sociedade tanto direta quanto indiretamente e uma das faces mais explícitas desse processo é a urbanização de maneira mal ordenada, na qual se ocupa locais susceptíveis a eventos naturais extremos, como alagamentos, inundações e deslizamentos. Segundo Ross (1994), é cada vez mais urgente que se faça inserções antrópicas que levem em consideração, além da potencialidade dos recursos, a fragilidade dos ecossistemas e dos ambientes naturais, dessa forma, deve-se partir da adoção de uma metodologia de trabalho baseada na compreensão da dinâmica do ambiente natural como um “sistema integrado” e suas características físicas e climáticas, e principalmente, hidrológicas. Um estudo ambiental pode ser feito de inúmeras formas e em várias escalas, porém a partir da década de 1980, segundo Carvalho (2014), o conceito de sustentabilidade passou a ser incorporado nos modelos de gestão de recursos hídricos, a partir daí reforçou-se a importância da gestão ambiental nas políticas públicas de desenvolvimento de inúmeros países. A bacia hidrográfica se tornou então uma unidade básica para estudos na área.

A função básica de uma bacia hidrográfica é a de captar naturalmente a água da chuva e conduzi-la a um único ponto de saída. Uma bacia hidrográfica é formada pelo conjunto de cursos d’água e pela associação de suas vertentes, na qual toda água captada é transportada e reunida, transformando-se em um único leito no exutório (TUCCI; SILVEIRA, 2009). Carvalho (2014) define bacias hidrográficas como sendo unidades de representação espacial, de dimensões variadas, na qual os recursos hídricos, presentes na superfície terrestre, estão

organizados. Estas são frutos das relações entre a estrutura geológica-geomorfológica e as condições climáticas.

Para Botelho (1999), a bacia hidrográfica pode ser definida como a área drenada por um conjunto de rios, sendo eles um principal e seus afluentes, que pode ser delimitada pelos divisores de água. O autor complementa dizendo que a bacia hidrográfica possui implicitamente uma visão sistêmica e integrada do ambiente, e por isso se tornaram células básicas de análise ambiental, sendo possível avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico.

O sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é constituído, segundo Barbosa Júnior (2004), pelo seu curso d'água principal e por seus tributários, esses podem ser cursos d'água perenes, intermitentes ou efêmeros. Toda bacia hidrográfica possui um padrão de drenagem que está associado ao seu tipo de solo e de sua rocha, além de sua estrutura geológica, desta forma, esses padrões de drenagem, segundo Trajano et al. (2012), referem-se ao arranjo espacial dos cursos d'água, que podem ser influenciados na sua atividade morfogenética: pela origem e organização das camadas rochosas, que são chamadas de controle estrutural; pelo controle litológico, que se trata da resistência litológica variável e pelas diferenças de declive e evolução geomorfológica da região.

Uma bacia hidrográfica pode ser melhor compreendida e analisada, por exemplo, através do cálculo de suas características morfométricas, de acordo com Campanharo (2010), esse modelo de estudo é extremamente útil na orientação de técnicos durante a elaboração de projetos hidroagrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, em estudos sobre aproveitamento hidrelétrico e na regularização e regionalização de vazões. Lindner et al. (2007) vai além afirmando que os índices morfométricos são importantes pressupostos para a prevenção de eventos hidrometeorológicos, como enchentes e estiagens, além da possibilidade de serem utilizados para identificação de áreas com maior suscetibilidade a processos erosivos.

Sobre a importância de uma análise morfométrica em um estudo de bacias hidrográficas, Campanharo (2010 p.5) reitera:

A interpretação geomorfológica de bacias hidrográficas em pesquisas realizadas sobre a aplicabilidade dos índices e, ou, características morfométricas, tanto na abordagem linear como adimensional, traz informações relevantes na relação solo-superfície. Este estudo aborda pedologia, relevo e rede hidrográfica, com os conseqüentes processos ambientais, normalmente multivariados, e descreve a dinâmica das drenagens superficiais e as formas topográficas, analisando diversas questões geomorfológicas

A morfometria, de acordo com Campanharo (2010), pode ser compreendida como o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, sendo expressa em índices, comumente divididos em 3 grandes grupos: a) os que indicam características geométricas; b) os que indicam características da rede de drenagem e; c) os que expressam características do relevo.

2.2. A Drenagem Pluvial Urbana e as Consequências da Urbanização

O objetivo principal da drenagem urbana, durante muito tempo, foi o de gerenciar da melhor forma possível a maneira com que a bacia recebia as águas pluviais, removendo o excesso de modo a evitar transtornos e prejuízos e também diminuindo o risco de inundações. A partir deste enfoque, as ações se concentraram na realização de obras e projetos, assim como na análise econômica dos benefícios e custos dessas medidas ditas estruturais (PORTO et al. 2009).

Tais medidas estruturais, apesar de necessárias e até essenciais para a solução de diversos problemas de inundações urbanas, não representam por si só uma solução eficaz para problemas mais complexos de drenagem urbana, além de serem de vera, onerosas aos cofres públicos. Segundo Porto et al. (2009), melhores soluções para esses problemas são obtidas a partir das relações que compõem o sistema urbano, desse modo, pode-se chegar a melhores resultados quando se compreende as dinâmicas ali existentes, assim como, analisando esse ambiente com uma visão mais abrangente.

Segundo Tucci (2001), o problema da drenagem urbana depende, além da engenharia, de uma atuação mais abrangente por parte dos responsáveis pelo respectivo setor. Os estudos devem necessariamente envolver aspectos legais, institucionais, tecnológicos e sociológicos, ou seja, o conceito do que se entende por drenagem urbana passou a se tornar um problema gerencial, envolvendo várias áreas da ciência, como componentes políticos e sociológicos, extravasando o campo que antes era somente da engenharia.

Tucci (2001) explicita como passou a ser conceituado, a partir de então, o termo drenagem urbana, segundo o autor, o termo drenagem urbana passou a ser entendido, no seu sentido mais amplo, como o conjunto de medidas que tenham por objetivos: minimizar os riscos a que as populações estão sujeitas; diminuir os prejuízos causados por inundações e possibilitar o desenvolvimento urbano de forma harmônica, articulada e responsável.

Ainda segundo Tucci (2001), alguns fatores são responsáveis pela solução eficaz do problema da drenagem urbana, são eles:

- Existência de uma política para o setor que defina objetivos a serem alcançados e os meios legais, institucionais, técnicos e financeiros para atingi-los.
- Existência de uma política para ocupação do solo urbano devidamente articulada com a política de drenagem urbana, principalmente no que se refere à ocupação de várzeas de inundação.
- Processos de planejamento que contemple medidas de curto, médio e longo prazo em toda a bacia, e integre as medidas de drenagem de águas pluviais no complexo maior do ambiente urbano.
- Existência de entidade eficiente que domine as tecnologias necessárias, implante obras e medidas, desenvolva atividades de comunicação social, promova a participação pública, estabeleça critérios, aplique leis e normas e enfim, exerça, de forma positiva a liderança do setor;
- Domínio da tecnologia adequada para o planejamento do projeto, construção e operação das obras; e
- Organização de campanhas de educação e esclarecimento da opinião pública.

Os problemas da drenagem urbana são atrelados e até mesmo potencializados pelo processo de urbanização. As alterações feitas pelo homem em um determinado ambiente alteram drasticamente as dinâmicas ali existentes. De acordo com Tucci (2001), em casos mais extremos, os picos de cheia de uma bacia urbanizada podem chegar a ser seis vezes maior que os picos dessa mesma bacia em condições normais.

Além dos problemas com inundações, o processo de urbanização mal/não planejado pode trazer diversos outros prejuízos à sociedade e ao ambiente, tendo isso em vista, Porto et al. (2009) relaciona esses problemas de acordo com suas causas e efeitos (Quadro 2).

Quadro 2: Causas e efeitos da urbanização sobre o ambiente.

Causas	Efeitos
Impermeabilização do solo	Maiores picos e vazões; Maiores picos a jusante.
Lixo	Degradação da qualidade da água; Entupimento de bueiros e galerias.
Deficiência da rede de esgoto	Degradação da qualidade da água; Moléstias de veiculação hídrica; Inundações.

Desmatamento e desenvolvimento indisciplinado	Maiores picos e volume; Erosões; Assoreamento em canais e galerias.
Ocupação de várzeas	Maiores picos; Maiores custos de utilidades públicas.

Fonte: adaptado de Porto; et al (2009)

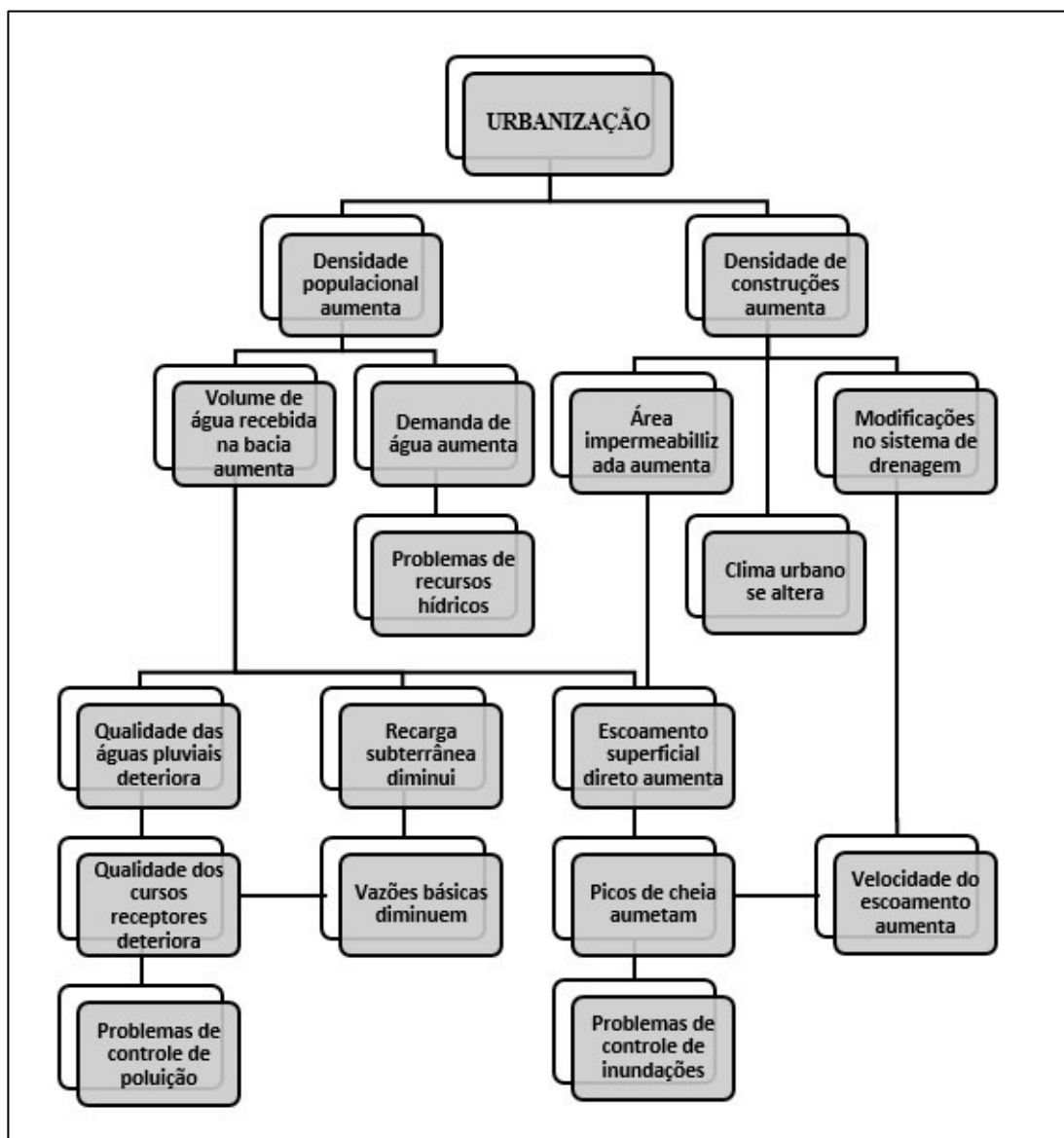
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Ainda de acordo com Porto et al. (2009), as soluções mais eficientes e sustentáveis para esses problemas são as que abrangem todas as relações entre os diversos processos, atuando sobre suas causas e partindo do princípio de aproveitamento dos recursos hídricos e controle de poluição, assim como de inundações.

Segundo Tucci (2001), a urbanização tem também consequências não hidrológicas que podem interferir significativamente nas questões de drenagem urbana. Observando o cenário brasileiro, o autor cita os impactos mais importantes procedentes do crescimento acelerado e caótico das populações urbanas, são eles: a proliferação de loteamentos executados sem condições técnicas adequadas; a ocupação de várzeas impróprias (principalmente várzeas de inundação e cabeceiras íngremes) e a proliferação de favelas em ocupações extensas e adensadas, dificultando a construção de canalizações e eliminando áreas de armazenamento.

Tucci (2001) mostra como se inter-relacionam os diversos processos que ocorrem em um ambiente urbano (Figura 2):

Figura 2: Processos que ocorrem em uma área urbana



Fonte: adaptado de Tucci (2001)

O impacto da urbanização tende a aumentar a capacidade do sistema de microdrenagem urbana (bocas de lobo, condutos e galerias subterrâneas), com subsequente aumento de custo. Normalmente esse processo evolui a partir das pequenas áreas, dentro de um contexto de aprovação de loteamentos em alguns pontos isolados. A drenagem secundária, que são os principais condutos pluviais, são sobrecarregados pelo aumento do fluxo de água, ocasionando assim os impactos mais graves sobre a macrodrenagem (rede de drenagem natural ou talvegue) (TUCCI, 2001).

A ocupação de uma bacia hidrográfica, e sua possível urbanização, ocorrem de maneira heterogênea. Segundo Porto et al. (2009), devido às características naturais do relevo, esse processo tende a acontecer no sentido de jusante para montante, todavia, quando o poder público não organiza de maneira disciplinada a ocupação das cabeceiras ou não amplia a capacidade da

macrodrenagem, a frequência de problemas, como enchentes e inundações, aumenta significativamente, o que provoca a desvalorização de propriedades e prejuízos recorrentes. Nesse processo, a população localizada a jusante sofre as consequências da ocupação a montante.

De acordo com Porto et al. (2009), a solução para os problemas relacionados a urbanização é o disciplinamento da ocupação territorial urbana, através de uma densificação compatível com os riscos de inundação, para tanto, é imprescindível o levantamento dos possíveis impactos das diferentes condições de urbanização sobre o escoamento. Em uma bacia ainda não ocupada existem várias medidas de controle passíveis de serem adotadas em um planejamento do espaço, medidas essas que podem minimizar a ocorrência de enchentes.

Algumas das medidas propostas por Porto et al. (2009) são: o uso de reservatórios em parques construídos a jusante e o controle sobre a impermeabilização de lotes, ruas e passeios. Esse tipo de medida pode ser aplicada com custos relativamente baixos em locais com desenvolvimento urbano em estágio inicial, no entanto, se essas ações forem retardadas e aplicadas sobre áreas já ocupadas pela população, os custos serão altos. Ainda segundo Porto et al. (2009), o planejamento da ocupação urbana pode ser eficaz para evitar futuramente soluções estruturais como: ampliação da calha de rios através do seu aprofundamento ou alargamento e construção de reservatórios e diques. Essas soluções estruturais tardias podem agravar inundações em outros locais, visto que tais procedimentos aceleram o escoamento da água e nem todos os outros pontos da bacia estão preparados para receber esse aumento de fluxo.

2.3. Estudos de Caso de Inundações Urbanas no Brasil

Muitas cidades brasileiras enfrentam atualmente problemas de origem hidrológica. Isso se deve principalmente ao acelerado processo de urbanização ocorrido nos países subdesenvolvidos, entre eles o Brasil, sobretudo entre as décadas de 1960 e 2000. De acordo com Bloch et al. (2012), as inundações afetam ambientes urbanos de todos os tipos, desde pequenos vilarejos e cidades de médio porte, até grandes cidades e importantes centros de negócios, porém a onerosidade dos danos causados por esses eventos tende a ser maior, tanto quanto mais importante for a localidade em que ele ocorra. Abaixo então citados alguns exemplos de inundações urbanas em cidades brasileiras, no caso, ocorridas nas cidades mineiras de Uberlândia e Juiz de Fora e também em Ribeirão Preto, no estado de São Paulo:

A cidade de Uberlândia MG está localizada no triângulo mineiro, a cerca de 125 Km de Ituiutaba. O estudo intitulado “Elaboração de um mapa de risco de inundações da Bacia Hidrográfica do Córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG”, segundo (Andrade et al. 2014. P.2), propôs “contribuir para o entendimento dos fatores envolvidos em episódios de inundações na bacia urbana do córrego São Pedro, em Uberlândia/MG, especialmente por meio da elaboração de um mapa de risco de inundação.

De acordo com os autores, a cidade de Uberlândia, ao longo de décadas, vem sofrendo com inundações de proporções significativas, principalmente na Avenida Governador Rondon Pacheco, que se localiza sobre o Córrego São Pedro, canalizado entre as décadas de 1960 e 1970, A avenida atualmente, ainda de acordo com Andrade et al. (2014), é considerada um dos mais importantes corredores de trânsito da cidade, além de abrigar um intenso centro comercial.

Após a elaboração de um mapa de risco de inundação da bacia do Córrego São Pedro, que foi concebido segundo Andrade et al. (2014), mediante cruzamento de informações hipsométricas, de declividade e de uso e ocupação do solo, aos quais foram atribuídos pesos de acordo com a metodologia proposta por Saaty (1977), os autores chegaram à conclusão de que os riscos naturais associados às inundações tiveram como fatores contribuintes: a morfometria da bacia, que em seus pontos mais baixos apresentam alto índice de declividade e a excessiva impermeabilização do solo, que ocorre por se tratar de uma área relativamente central da mancha urbana.

Andrade et al. (2014) reitera que:

Considerando o atual estado de consolidação da infraestrutura da Av. Governador Rondon Pacheco e a densidade da ocupação urbana na bacia, as intervenções seriam demasiadamente complexas e onerosas. De qualquer modo, seria importante repensar o zoneamento urbano e trabalhar para a elaboração de um plano de drenagem. É preciso reduzir a proporção de áreas impermeabilizáveis por terreno, incentivar a implantação de calçadas vazadas, desenvolver projetos que contribuam para o recolhimento e aproveitamento de águas pluviais, dentre alternativas.

A importância das informações morfométricas e de uso e ocupação da terra, tal como a metodologia aplicada por Andrade et al. (2014), são confirmados nos resultados de tal pesquisa, visto que o produto gerado pelo cruzamento dos dados e a devida distribuição dos pesos de cada uma das variáveis selecionadas apresentou, segundo os autores, resultados satisfatórios.

Outra cidade mineira que enfrenta problemas nesse sentido é a cidade de Juiz de Fora, na qual seu município, localizado na região sudeste do estado, segundo Gerheim (2016), assim como

grande parte das cidades brasileiras, teve seu processo de urbanização intensificado a partir da segunda metade do século XIX, nesse caso, devido à região da Zona da Mata Mineira (região onde está inserido o município de Juiz de Fora) ter despontado como a principal região produtora de café do estado na época.

O processo de urbanização de Juiz de Fora, ainda de acordo com Gerheim (2006), ocorreu de forma desarmoniosa, ocasionando vários desafios e problemas de ordem social, econômica e ambiental. No início do século XX a cidade foi marcada pelo grande crescimento econômico e ampliação e diversificação significativa dos setores comercial e industrial, que resultou, mais uma vez, em um aumento populacional expressivo (MACHADO et al. 2016). Segundo Ferreira et al. (2015), devido ao intenso fluxo migratório, Juiz de Fora enfrentou um crescimento rápido e não contou com um planejamento adequado, assim como a grande maioria das cidades brasileiras. A cidade de Juiz de Fora, apesar de próspera, sobretudo nos sentidos econômico, industrial, comercial, intelectual e cultural, passou a enfrentar problemas de ordem de higiene e saneamento e a população passou assim a presenciar um cenário com diversos episódios de inundações.

Neste sentido, Gerheim (2016), no estudo intitulado “Alagamentos, Enxurradas E Inundações Na Área Urbana De Juiz De Fora: Um Olhar Sobre as Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga”, propôs expor e discutir os problemas de alagamentos, enxurradas e inundações na cidade de Juiz de Fora. Para isso o autor analisou os eventos ocorridos nas bacias hidrográficas dos córregos São Pedro e Ipiranga no período de 2000 a 2014.

De acordo com Gerhaim (2016), uma característica relevante na Bacia do Córrego São Pedro é o fato de que em sua área de atuação está localizado um dos principais mananciais do município, a Represa de São Pedro, que devido ao intenso processo de expansão urbana, no qual se destaca a instalação de grandes condomínios e loteamentos, foi gerado um maior volume de lançamento de carga orgânica em seus cursos d’água, comprometendo a sua qualidade. Outra observação apontada pelo autor, foi a de que o processo de urbanização da bacia desencadeou alguns processos erosivos, o que favoreceu o assoreamento dos corpos d’água, sobretudo da citada represa, comprometendo assim a sua capacidade de armazenamento.

Outra questão que merece destaque, segundo Gerhaim (2016), foram as intervenções realizadas em alguns pontos desta bacia, onde alguns córregos da região foram totalmente alterados através de processos de retificação e canalização. Muitas dessas alterações ocorreram em razão das obras de implantação da rodovia BR 440.

A análise morfométrica aponta outras características cruciais para o entendimento das causas das ocorrências de inundações na bacia, de acordo com Gerhaim (2016), essas características são:

- A densidade de drenagem da bacia é de 1,9 km/km², o que significa, de acordo com Gerhaim (2016), que a bacia tem uma razoável disponibilidade hídrica em superfície, o que pode favorecer a infiltração da água no solo e defasar as contribuições parciais, atenuando hidrogramas de enchente.
- O índice de circularidade da bacia é de 0,3, o que aponta um formato mais alongado que circular. Esse fator, de acordo com Gerheim (2016), pode refletir teoricamente em possíveis inundações no canal principal e também baixa probabilidade de ocorrência de inundações súbitas.
- Gradiente altimétrico médio de 11,3 m/km, esse baixo valor de declividade encontrado é um fator que pode contribuir para uma maior probabilidade de transbordamento, ocupando a planície de inundação, pois a velocidade de escoamento tende a ser menor. No baixo curso da bacia, o valor de G.A. encontrado foi relativamente mais baixo (4,6 m/km), considerando esse índice menos expressivo. A possibilidade de ocorrência de inundações nessa região pode ser considerada maior.

A outra bacia hidrográfica analisada por Gerheim (2016), a Bacia do Córrego Ipiranga, teve seu processo de urbanização iniciado na década de 1930. O local onde antes era parte de uma fazenda particular foi transformado em grandes loteamentos, comercializados, segundo o autor, sem qualquer tipo de infraestrutura sanitária, esse foi o fator responsável pela rápida ocupação das margens dos cursos d'água, ocasionando, logo de início, sérios problemas de saúde à população.

Com a finalidade de atenuar tais problemas, foram realizadas na bacia, obras estruturais, como retificações, canalizações e rebaixamento de córregos, o que teve como consequência, não somente uma maior atratividade com relação à ocupação da região, como também, seus efeitos geraram: retiradas de mata ciliar; mudança na configuração do escoamento superficial; diminuição da infiltração; facilidade maior de erosão; impermeabilização do solo; entre outras modificações, e, por consequência, pode ter impulsionado a ocorrência das inundações observadas posteriormente no local.

Para a compreensão e análise da bacia, Gerheim (2016) fez levantamento de suas características morfométricas, na qual obteve os seguintes resultados:

- Densidade de drenagem: 2,3 km/km², o que demonstra, segundo Gerheim (2016), uma alta capacidade de drenagem da bacia, ou seja, suas características geomorfológicas, pedológicas e/ou vegetacionais podem não favorecer a infiltração da água no solo, culminando, possivelmente, em picos mais altos nos hidrogramas de enchentes.
- Índice de circularidade: 0,5. Com esse valor, pode-se afirmar que a bacia possui o formato intermediário entre alongado e circular, logo, de acordo com Gerheim (2016), este índice representa uma maior probabilidade de ocorrência de enchentes súbitas e também de possíveis inundações no canal principal, se comparado ao da Bacia de São Pedro, em que o Ic é 0,3.
- Gradiente altimétrico: 19 m/km. De acordo com Gerheim (2016), esse número é considerado elevado, o que tende a acelerar o escoamento superficial, com concentração maior a jusante, aumentando a probabilidade de ocorrência de transbordamentos.

O emprego de ferramentas de planejamento urbano; gestão dos recursos hídricos e geoprocessamento, de maneira interdisciplinar, viabilizaram o alcance dos objetivos propostos. De acordo com Gerheim (2016):

As características naturais do ambiente tiveram influência nas ocorrências de alagamentos, enxurradas e inundações ocorridas nas bacias hidrográficas dos córregos São Pedro e Ipiranga, durante o período de 2000 e 2014, mas as intervenções antrópicas contribuíram de forma substancial para tais eventos, através do aumento da impermeabilização do solo ocasionado pela expansão urbana; das diversas intervenções que os cursos d'água sofreram ao longo dos anos, interferindo em sua dinâmica natural; e da redução dos remanescentes florestais nas bacias.

Para que se possa iniciar uma solução para o problema das inundações em bacias hidrográficas urbanizadas, como no caso das Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga, Gerheim (2016) destaca que é necessário que se apliquem medidas que reintroduzam os cursos hídricos na vida da cidade de forma salutar e que se conscientize a população acerca da importância desses recursos para o bem estar de todos de que deles dependem, tanto direta quanto indiretamente.

A cidade de Ribeirão Preto, o qual seu município está localizado na região Nordeste do estado de São Paulo, é outro exemplo de cidade brasileira com problemas de inundações urbanas. De acordo com Maia (2007), o município é banhado por diversos córregos e ribeirões, com extensão total em torno de 65 km, sendo o córrego Ribeirão Preto o mais importante deles, pois a maior parte de seu curso encontra-se na área urbana.

Maia (2007), em sua pesquisa intitulada “Impactos Pluviais na Área Urbana de Ribeirão Preto – SP”, propôs avaliar os impactos da urbanização sobre o meio ambiente urbano da cidade de Ribeirão Preto, realizando a integração do comportamento atmosférico aos demais atributos do geossistema urbano e às transformações provocadas pelas atividades humanas no meio ambiente físico.

A cidade de Ribeirão Preto, segundo Maia (2007), teve um crescimento de 180% em sua densidade demográfica, o que a deixou em segundo lugar no índice de maiores crescimentos de ocupação demográfica do estado de São Paulo, atrás apenas da cidade de Santos. Esse elevado aumento, ainda de acordo com Maia (2007), ocorreu devido à forte expansão dos setores educacionais, saúde e comércio, gerando um intenso fluxo migratório.

A área urbana de Ribeirão Preto apresenta problemas pontuais de inundações desde o início do século XX, porém nos últimos 15 anos esses eventos aumentaram consideravelmente. Devido à ausência de dados climáticos e históricos, Maia (2007), considerou notícias veiculadas pela Folha Nordeste – SP e Folha Ribeirão como sendo fontes valiosas na análise dos impactos pluviais na área urbana do município.

A análise das matérias, segundo Maia (2007), demonstrou que as enchentes são veiculadas quando existe um grande prejuízo à população, como alagamento de casas e lojas; desaparecimento de pessoas; falta de transporte; queda de árvores e de energia elétrica, etc. Em 2002 houve uma grande enchente que deixou Ribeirão Preto embaixo d'água, sob estado de “calamidade pública”. Em 17 anos de análise dos episódios de inundação na área urbana de Ribeirão Preto, conforme noticiado pelos jornais, foram registradas 45 ocorrências, ou seja, em média, cerca de 3 inundações/ano, o que revela, segundo o autor, uma grande frequência do fenômeno.

Os índices pluviométricos organizados por Maia (2007) revelaram a ocorrência de enchentes na área urbana, com grandes prejuízos à população, anualmente entre os meses de outubro e março. Maia (2007) identificou, entre os anos de 1990 e 2006, uma tendência ao aumento nas ocorrências de inundações na área urbana de Ribeirão Preto, considerando que na década de 90 do século XX foram registrados 20 episódios, e nos 6 primeiros anos do século XXI, ou seja, até o ano anterior à publicação do estudo, já haviam sido registrados 24 eventos do mesmo gênero.

As 44 inundações registradas no período entre os anos de 1990 e 2006, de acordo com Maia (2007), ocorreram em 26 pontos, com destaque para duas regiões: Vila Virgínia e a “baixada” (região comercial que se situa o mercado municipal, a rodoviária e o camelódromo

da cidade). Ainda segundo o autor, os eventos ocorrem predominantemente no período após o meio dia.

Em todas as enchentes ocorridas no período da análise, a circulação atmosférica favorecia os impactos na área urbana de Ribeirão Preto, isso se deve pela geração de chuvas na região onde se localiza a cidade. Na ausência de dados climáticos dentro da área urbana, a instalação de pluviômetros auxiliou a comprovação do aumento das chuvas na cidade em função da atuação do clima urbano.

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1. Materiais

Estão listados abaixo os materiais utilizados na elaboração desta pesquisa:

- Imagem multiespectral do sensor PAN, do satélite CBERS 4, com 10 metros de resolução espacial, órbita 158, ponto 121, com data de passagem em 09 de setembro de 2018. Disponibilizado gratuitamente para download no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>
- Modelo Digital de Elevação oriundo do sensor PALSAR, do satélite Alos, com 12,5 metros de resolução espacial, quadrante 6800T1, disponibilizado gratuitamente para download no site da ASF (Alaska Satellite Facility). <<https://asf.alaska.edu/datasets/sar-data-sets/alos-palsar/>>
- Base de dados vetoriais das Unidades Federativas do Brasil e de seus municípios, disponibilizada pelo IBGE no site <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-ereferenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>>.
- Dados das estações meteorológicas 1849000 e 1949006, sob responsabilidade da ANA e operadas pela CPRM e 1849020, sob responsabilidade de operação do INMET, correspondentes aos dados diários de precipitação entre os anos de 1989 e 2018, baixados do site da ANA (Agência Nacional das Águas). <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>

- *Software Qgis 2.18.24*, bem como seus complementos:
 - GRASS GIS;
 - TAUdem;
 - OpenLayers.
-
- GPS portátil Garmin 64s.

3.2. Procedimentos Metodológicos

3.2.1. Levantamentos bibliográficos

Foi realizada consulta na literatura acerca dos principais temas abordados nesta pesquisa, tal levantamento teve como base: trabalhos em anais de eventos; artigos científicos publicados em periódicos; monografias; dissertações de mestrado e teses de doutorado, assim como livros e capítulos de livros. Tal etapa foi responsável pelo embasamento para a construção do referencial teórico e também pelo aporte necessário para o ajustamento dos conceitos e elaboração da metodologia adotada no estudo.

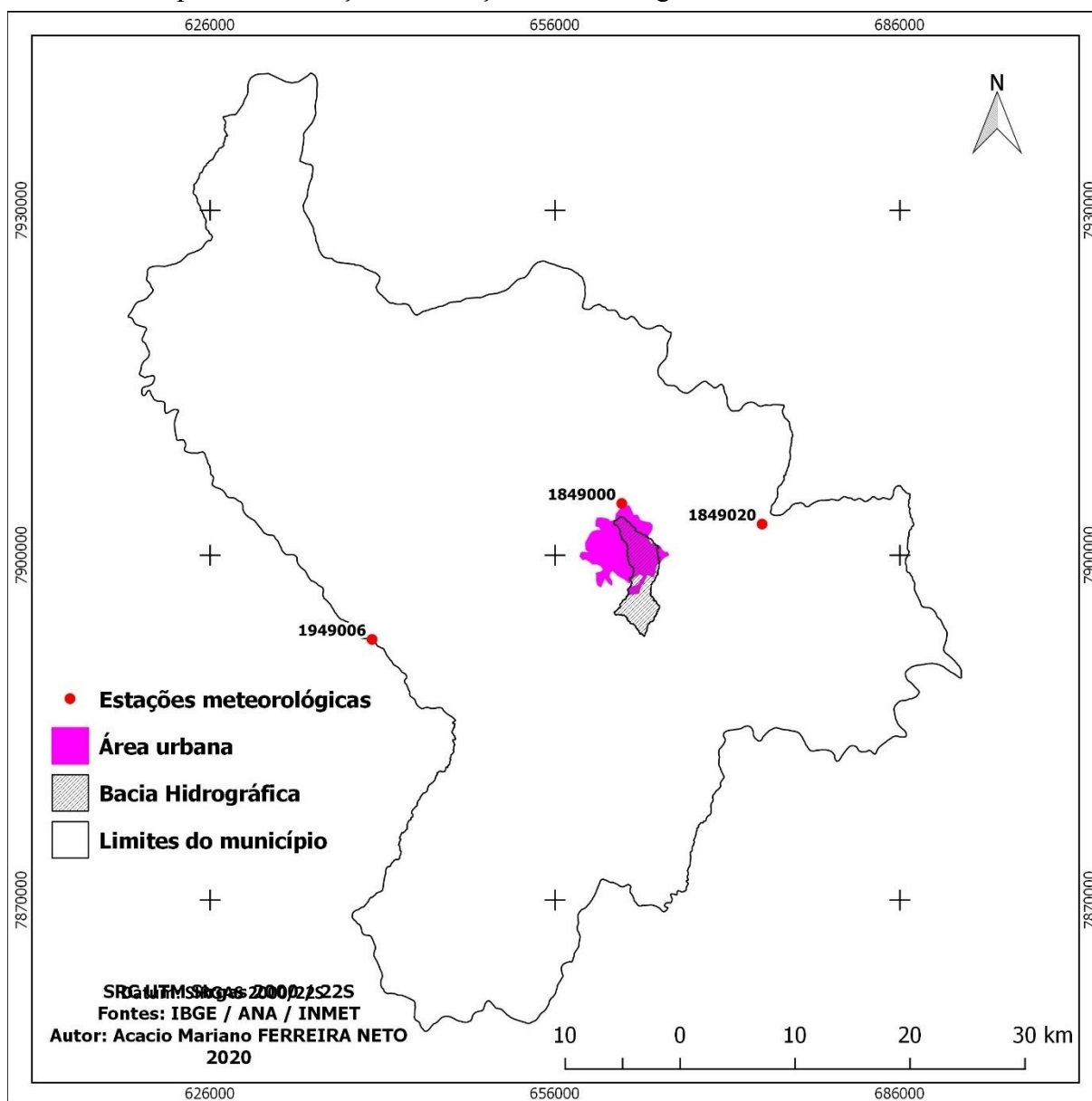
3.2.2. Variabilidade pluviométrica

Foi feito levantamento dos dados de precipitação ocorridos no município de Ituiutaba entre os anos de 1989 e 2018. Segundo a OMM (Organização Meteorológica Mundial), para estudos comparativos de clima, devem ser consideradas séries históricas de no mínimo 30 anos de observação. Os dados de precipitação dos anos de 1989 a 2016 foram coletados por Fonseca (2017), os anos de 2017 e 2018 foram baixados do site da ANA.

De acordo com Fonseca (2017), o uso dos dados da estação meteorológica 1849000 foi priorizado devido à localização da estação ser a mais próxima da área urbana (0,225 km de distância), visto que os estudos daquela pesquisa são centrados nos impactos pluviais que se sucedem na cidade, o que se aplica também ao presente trabalho. Ainda segundo Fonseca (2017), a estação 1849000 continha ausência de dados de alguns determinados dias, então a alternativa escolhida para preencher essas lacunas, foi a importação desses dados das estações

mais próximas, sendo a 1849020 considerada primeira opção, visto que se localiza a 12,2 km de distância, persistindo a ausência de dados, a estação escolhida foi a 1949006, localizada a 26,7 km de distância da área urbana (Mapa 3).

Mapa 3: Localização das estações meteorológicas utilizadas no estudo



Fonte: Adaptado de Fonseca (2017)
 Autor.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

O Quadro 3 esclarece mais detalhes acerca das estações meteorológicas, assim como de sua contribuição para esta a pesquisa:

Quadro 3: Dados e características das estações meteorológicas utilizadas nesse estudo

	1849000	1849020	1949006
--	---------	---------	---------

Nome	Ituiutaba	Ituiutaba	Ponte do Prata
Município	Ituiutaba	Ituiutaba	Ituiutaba
Entidade responsável	ANA	INMET	ANA
Entidade operadora	CPRM	INMET	CPRM
Modo de coleta	Convencional	Convencional	Convencional
Latitude	-18,9411	-18,9667	-19,0353
Longitude	-49,4631	-49,35	-49,6967
Distância da área urbana (km)	0,225	8,022	21,271
Quantidade de registros utilizados	10.303	240	415
Porcentagem de registros utilizados	94,02	2,19	3,79

Fonte: adaptado de Fonseca (2017)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Nesta pesquisa, foram consideradas como precipitações extremas os episódios em que foram registrados volumes acima de 30 mm em um prazo de 24 horas. De acordo com Fonseca (2017), um volume de precipitação de 30 mm, concentrado em um período de 24 horas, é o suficiente para se causar um grande impacto em um ambiente urbano. Nesse sentido, foram analisados os dias em que o volume de precipitação registrado pelas estações meteorológicas 1849000, 1849020 e 1949006 atingiram ou superaram 30 mm.

Para se conhecer as ocorrências de eventos de origem hidrológica ocorridos na Bacia do Córrego São José, recorreu-se aos dados publicados por Fonseca (2017), esses dados são oriundos do Corpo de Bombeiros Militar de Ituiutaba – MG, uma vez que a cidade não conta com um órgão de Defesa Civil. Esses dados são referentes ao recorte temporal constituído entre os anos de 2002 e 2016. Esse período foi adotado para esta pesquisa, pois, segundo Fonseca (2017), anteriormente ao ano 2000, essas ocorrências eram registradas em papel, e por terem sido consideradas prescritas, foram descartadas após a implantação do banco de dados digital. Considera-se também que não foram encontrados registros de ocorrências para a bacia no ano de 2001.

3.2.3. Delimitação da bacia hidrográfica e extração da rede de drenagem

Para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego São José, foi utilizado um MDE (Modelo Digital de Elevação) com 12,5m de resolução espacial, proveniente do sensor Palsar, do satélite japonês Alos. Esse MDE foi processado no *software* Qgis 2.18.24 antes de seguir os seguintes procedimentos no complemento TauDEM (detalhados no ANEXO 3):

- Foi aplicado o algoritmo “*Pit Remove*” para a remoção de todos os poços, depressões e buracos presentes no MDE, ou seja, este algoritmo é responsável por preencher as possíveis lacunas existentes no arquivo raster.
- Foi feito o mapeamento do escoamento do fluxo hídrico da bacia por meio do algoritmo “*D8 flow directions*”.
- A área de contribuição da bacia foi definida por meio do “*D8 Contribution Area*”. Este algoritmo foi aplicado duas vezes: primeiro para a obtenção da área de contribuição geral e em seguida para a área de contribuição específica da área de estudo. Este último depende de o usuário inserir um arquivo *shapefile* do ponto exutório da bacia em questão. A partir disso o software cria um arquivo raster com os limites da bacia definitivos já definidos.
- O algoritmo “*Stram Definition by Thereshold*”, responsável pela definição da rede de drenagem, assim como o item anterior, foi executado em duas etapas: em um primeiro momento foi criada uma rede de drenagem geral para todo o recorte do raster e em seguida, a partir do arquivo da área de contribuição, criado no passo anterior, executou-se novamente o algoritmo e finalmente o resultado obtido foi a rede de drenagem da Bacia do Córrego São José, também em arquivo raster. O limiar utilizado no processo foi de 200, o que permitiu identificar na rede de drenagem, tanto os cursos d’água quanto os canais de escoamento.
- Por fim, os arquivos raster dos limites da bacia e da drenagem foram convertidos em *shapefiles* através da ferramenta “poligonizar” do Qgis,

3.2.4. Fragilidade potencial e emergente

Para a análise das fragilidades potencial e emergente da Bacia do Córrego São José, os fatores: elevação, declividade, tipo de solo e uso e ocupação da terra foram classificados em diferentes classes, conforme metodologia proposta por Ross (1994) e adaptada por Deina (2017), e a cada uma dessas classes foram atribuídos pesos, de acordo com o grau de proteção que suas características oferecem ao solo. Esses pesos podem variar de 1 a 5, sendo que quanto maior esse número, menor a proteção oferecida.

Essa adaptação foi escolhida para nortear este trabalho, devido aos dados encontrados por Deina (2017) para a Bacia do Rio Jucu serem semelhantes aos apontados para a Bacia do Córrego São José, e, portanto, serem metodologicamente compatíveis.

Sendo assim, para a confecção do mapa hipsométrico, foi utilizado o MDE Alos de 12,5 m de resolução espacial. Os valores de elevação foram reclassificados através do comando *r.reclass* do complemento GRASS GIS, instalado no Qgis 2.18.24, em 3 classes com os seguintes pesos propostos por Ross (1994) e adaptados por Deina (2017):

Elevação de 0 a 10m = peso 5;

Elevação de 10 a 60m = peso 3;

Elevações maiores ou iguais a 60 metros = peso 1.

Os dados de declividade também foram extraídos do MDE Alos e reclassificados através da ferramenta *r.reclass* com os seguintes pesos e classes propostas por Ross (1994) e adaptadas por Deina (2017).

Declividades abaixo de 6 % = peso 1;

Declividades 6 a 12 % = peso 2;

Declividades 12 a 20 % = peso 3;

Declividades 20 a 30 % = peso 4;

Declividades acima de 30 % = peso 5.

Para o levantamento dos tipos de solo na área de estudo, foi utilizado o trabalho de Calderano Filho et al. (2015), onde de acordo com os autores, na área da bacia em estudo existe a presença de dois tipos de solo: Latossolo vermelho-escuro e Latossolo roxo. De acordo com a metodologia proposta por Ross (1994) ambos possuem o mesmo grau de proteção (muito alto), portanto, esse fator não ofereceu distinção na metodologia e por isso recebeu peso 1. O

cruzamento dos dados para a elaboração da carta de fragilidade potencial foi feito através da seguinte equação matemática proposta por Deina (2017):

$$FP = (DC + SO + HP)/3$$

Sendo:

FP = Fragilidade Potencial;

DC = Declividade;

SO = Solo;

HP = Hipsometria.

O cálculo da equação foi realizado através da ferramenta “Calculadora raster” do Qgis. O último passo foi reclassificar os valores obtidos em 5 classes de fragilidade emergente, para isso, a elas foram também atribuídos pesos. A fragilidade potencial foi ponderada da seguinte forma, de acordo com Ross (1994):

Muito Baixa = peso 1;

Baixa = peso 2;

Média = peso 3;

Alta = peso 4;

Muito Alta = peso 5.

Para a classificação de uso e ocupação da terra foram utilizadas as bandas espectrais do sensor PAN, do satélite CBERS 4, com data de passagem em 09 de setembro de 2018, na escala de 1:25.000. As bandas espectrais deste sensor possuem resolução espacial de 10 metros, sendo utilizada neste trabalho a composição colorida em falsa cor R4G3B2, sendo as bandas 4,3 e 2 referentes às faixas espectrais do infravermelho próximo (0,77 a 0,89um), vermelho (0,63 a 0,69um) e verde 0,52 a 0,59um), respectivamente. A metodologia aplicada foi a de classificação manual com interpretação das imagens em tela de computador.

Na área da bacia foram identificadas as seguintes classes: vegetação remanescente; cultura de cana de açúcar; cultura de seringueiras; pastagem e área urbanizada. Na tabela de atributos foi criado um campo com os seguintes pesos para essas classes:

Vegetação remanescente (peso 1);
 Áreas de cultivo e pastagem (peso 3);
 Área urbana (peso 5),

Esses pesos foram escolhidos de acordo com o grau de proteção que cada uso oferece ao solo, considera-se que a vegetação remanescente oferece uma proteção muito alta e os ambientes urbanizados oferecem proteção muito baixa, devido a serem ambientes fortemente modificados. Portanto, essas classes receberam pesos 1 e 5, respectivamente. As áreas de cultivo em geral e as pastagens, de acordo com Ross (1994), oferecem uma proteção média ao solo, deste modo receberam peso 3. A ausência dos pesos 2 e 4 é explicada por não haverem na bacia, usos definidos por Ross (1994) com grau de proteção “alto” e “baixo”, que seriam, no caso, valores intermediários.

Em seguida, o arquivo vetorial proveniente da classificação foi convertido em um arquivo matricial através da ferramenta rasterizar do Qgis, convertendo todos os pesos atribuídos anteriormente em valores de pixel.

Por fim, nesta etapa foi calculada a fragilidade emergente da bacia, utilizando os mesmos recursos, porém incluindo o raster do uso e ocupação da terra. Tal procedimento é representado pela seguinte expressão adaptada de Ross (1994) por Deina (2017):

$$FE = (FP + UO) / 2$$

Onde:

FE = fragilidade emergente;

FP = fragilidade potencial;

UO = uso e ocupação da terra.

3.2.5. Análise morfométrica

Para o cálculo dos parâmetros morfométricos da Bacia do Córrego São José, foi utilizado o MDE Alos/Palsar, processado no Qgis, 2.18.24. As características geométricas e da hidrografia necessitaram também da função “calculadora de campo” para o cálculo dos atributos provenientes dos arquivos vetoriais “rede de drenagem” e da própria delimitação da bacia,

ambos extraídos por meio do complemento Taudem, cujo procedimento se encontra detalhado no subitem 3.2.3 dessa pesquisa.

• Características geométricas

As características geométricas compreendem o comportamento hidrológico em termos gerais, esse comportamento pode estar relacionado tanto com o escoamento quanto com o armazenamento de água da bacia (CAMPANHARO, 2010). Os principais índices geométricos são: área de drenagem (A); coeficiente de compacidade (Kc) e fator de forma (Kf).

Área de drenagem (A)

A área de drenagem é toda a área plana, projetada sobre o eixo horizontal, compreendida entre os divisores topográficos. A unidade de medida pode variar em função do tamanho da bacia, ou seja, bacias menores deverão ser medidas em hectares e bacias maiores em quilômetros quadrados (BARBOSA JUNIOR, 2004).

Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade de uma bacia hidrográfica é o valor da relação entre o seu perímetro e a circunferência de um círculo hipotético com o mesmo valor de área, este índice foi calculado para a Bacia do Córrego São José através da seguinte expressão proposta por Villela e Mattos (1975):

$$KC = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Em que:

Kc = coeficiente de compacidade;

P = perímetro da bacia hidrográfica;

A = área de drenagem da bacia hidrográfica.

Este coeficiente é um número adimensional que varia de acordo com a forma da bacia, independentemente do seu tamanho, onde quanto maior for o resultado, mais irregular será a sua forma e menor será a sua propensão a enchentes. Quanto mais baixo for o coeficiente, mais circular será o seu formato e mais acentuada é a tendência da bacia para o problema, sendo o número 1 (um) o valor mínimo possível, o que representaria um círculo exato (VILLELA; MATTOS, 1975).

Conforme Silva e Mello (2008) apud Campanharo (2010), pode-se utilizar o K_c para a classificação de bacias da seguinte forma:

- K_c entre 1 e 1,25 = bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- K_c entre 1,25 e 1,50 = bacia com tendência mediana a grandes enchentes;
- K_c maior que 1,50 = bacia não sujeita a grandes enchentes.

Fator de Forma (K_f)

O fator de forma é a relação entre o comprimento axial e a largura média de uma bacia. O comprimento axial é medido de acordo com o curso d'água principal, desde o ponto exutório até a cabeceira mais distante e a largura média é o quociente da divisão do valor de área pelo comprimento da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

As seguintes expressões, propostas por Villela e Mattos (1975), foram utilizadas para o cálculo do K_f da bacia:

$$K_f = \frac{L_m}{L}$$

$$\text{Mas, } L_m = \frac{A}{L}, \quad \text{logo } L$$

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Em que:

K_f = fator de forma;

A = área total da bacia;

L = comprimento axial;

Lm = largura média.

O fator de forma, segundo Villela e Mattos (1975), indica em uma bacia, uma maior ou menor tendência a enchentes. Uma bacia hidrográfica com fator de forma baixo, indica na prática, uma bacia com formato alongado e estreito, o que diminui a probabilidade de ocorrência simultânea de chuvas em toda sua extensão, assim como pode representar uma melhor distribuição de tributários ao longo de seu curso d'água principal, diminuindo a sua propensão a enchentes e se afastando, portanto, da condição de uma bacia em formato circular, que é condição ideal para o ocasionamento de tais eventos, como discutido no item anterior.

Conforme Silva e Mello (2008) apud Campanharo (2010), pode-se classificar uma bacia de acordo com os valores de fator de forma obtidos da seguinte maneira:

- $K_f \geq 0,75$ – bacia sujeita a enchentes;
- $0,50 < K_f < 0,75$ – bacia com tendência mediana a enchentes;
- $K_f \leq 0,50$ – bacia não sujeita a enchentes.

• Características da Hidrografia

As características do padrão de drenagem ou hidrografia, repercutem no comportamento hidrológico e litológico de cada bacia hidrográfica. Considerando que o sistema de drenagem de uma bacia é constituído por um rio principal e seus tributários, segundo Villela e Mattos (1975), o estudo das ramificações e do desenvolvimento do sistema como um todo, é de suma importância, pois assim se compreende a dinâmica da água e a velocidade com que ela deixa a bacia. Os principais índices de hidrografia são: densidade de drenagem (Dd); Densidade hidrográfica (Dh) e coeficiente de torrencialidade (Ct). Além da classificação da bacia de acordo com a hierarquia de drenagem.

Hierarquia de drenagem

A hierarquia de drenagem é uma forma de organização que reflete o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia hidrográfica (VILLELA E MATTOS, 1975). Os critérios

para a classificação de canais de drenagem dentro de uma rede, foram introduzidos por Horton (1945), onde, segundo ele: os cursos d'água de primeira ordem são os derivados das nascentes, ou seja, os que não recebem nenhuma contribuição de tributários; os de segunda ordem recebem tributários apenas de primeira ordem; os de terceira ordem apenas recebem tributários de segunda ordem ou de ordem inferior, e assim sucessivamente. Portanto, um curso d'água de ordem "N" pode receber contribuintes de ordem igual ou inferior a "N-1" (CAMPANHARO, 2010).

Strhaler (1957) por sua vez, modificou os critérios para a classificação da hierarquia de drenagem, na qual se observa que os canais de primeira ordem continuam sendo os derivados de nascentes e que não recebem tributários, os de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, não se modificando até se unir com outro de mesma ordem e tornando-se de terceira ordem, e assim sucessivamente. Assim, 2 rios de ordem "N" ao se unirem, dão lugar a um rio de ordem "N+1" (VILLELA E MATTOS, 1975).

Densidade de Drenagem (Dd)

A densidade de drenagem é um índice que aponta o grau de desenvolvimento de um sistema de drenagem, esse índice, de acordo com Villela e Mattos (1975), é expresso pela relação entre a área total de uma bacia e o somatório do comprimento de todos os seus cursos d'água, incluindo rios perenes, intermitentes e efêmeros.

Calculou-se a densidade de drenagem da bacia hidrográfica de acordo com a seguinte expressão, proposta por Villela e Mattos (1975):

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A}$$

Em que:

Dd = densidade de drenagem;

L_{tot} = comprimento total dos cursos d'água; A = área total.

A densidade de drenagem fornece uma indicação da eficiência da drenagem de uma bacia. Esse índice varia inversamente de acordo com a extensão do escoamento superficial,

onde, segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com drenagem pobre é representada por índice de Dd baixo, próximo de 0,5 km/km², se tornando uma bacia com drenagem mais eficiente à medida que esse índice cresce, podendo chegar em 3,5 Km/Km² em bacias excepcionalmente bem drenadas.

Carvalho (2007), considerando os índices de Dd propõe a seguinte classificação:

- Dd < 0,5 km/km² Bacias com drenagem pobre;
- Dd entre 0,5 e 1,5 km/km² = bacias com drenagem regular;
- Dd entre 1,5 e 2,5 km/km² = bacias com drenagem boa;
- Dd entre 2,5 e 3.5 km/km² = bacia com drenagem muito boa.

Densidade Hidrográfica (Dh)

A densidade hidrográfica corresponde à relação entre o número de canais e a área total de uma bacia. Tal índice representa o comportamento hidrográfico de uma determinada área, em um de seus aspectos fundamentais: a capacidade de gerar novos cursos d'água. (CHRISTOFOLETTI, 1980 apud CAMPANHARO, 2010).

A seguinte expressão, proposta por Villela e Mattos (1975), foi utilizada para calcular o Dh da Bacia do Córrego São José:

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

Onde:

Dh = densidade hidrográfica; N

= número de cursos d'água; A

= área total da bacia.

A finalidade geral de se calcular a Dh é a de comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área padrão e também de utilizar esse índice para o cálculo do próximo coeficiente.

Coefficiente de Torrencialidade (Ct)

O coeficiente de torrencialidade permite quantificar a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundações, através da multiplicação da densidade hidrográfica pela densidade de drenagem, assim como proposto por Villela e Mattos (1975):

$$Ct = Dh . Dd$$

Em que:

Ct = coeficiente de torrencialidade;

Dh = densidade hidrográfica;

Dd = densidade de drenagem.

“A tendência a inundações em uma bacia hidrográfica, será tanto maior quanto mais alto for o coeficiente de torrencialidade, tendo este parâmetro grande importância em pequenas bacias, devido ao tempo de torrencialidade ser mais reduzido” (CAMPANHARO, 2010. P.13).

- **Características de Relevo**

Os fatores meteorológicos de uma bacia hidrográfica estão diretamente relacionados com as suas características relevo. Podemos citar como exemplo dessa relação: a declividade do terreno, que é fator determinante para a velocidade do escoamento superficial, assim como a altitude em que a bacia está localizada, que por sua vez é responsável por determinar suas características de temperatura, precipitação e evaporação. Portanto, nota-se que é de suma importância a determinação dessas características de relevo em uma bacia hidrográfica (VILLELA; MATTOS, 1975).

Nessa pesquisa, utilizou-se o MDE Alos/Palsar tanto para a elaboração da carta de hipsometria quanto para a carta de declividade, sendo esses dados de declividade reclassificados com a ferramenta *r.reclass* do Qgis, de acordo com as seguintes classes propostas pela Embrapa (1979):

Tabela 1: Classes de declividade

Declividade (%)	Classe de relevo
------------------------	-------------------------

0 – 3	Plano
3 – 8	Leve ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
>75	Escarpado

Fonte: Embrapa (1979)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

3.2.6. Trabalhos de campo

No total, no decorrer dessa pesquisa foram realizados 3 trabalhos de campo na Bacia do Córrego São José: sendo o primeiro na data de 27-01-2019, com intuito de validação dos resultados da classificação de uso e ocupação da terra; a segunda visita foi realizada na data de 07-02-2020 e teve como objetivo a coleta das coordenadas de GPS referentes às localizações das bocas de lobo nas avenidas Minas Gerais e José João Dib e o terceiro campo, com a finalidade de registro fotográfico dos alagamentos na Avenida José João Dib e do escoamento superficial intenso na Avenida Minas Gerais, ocorreu na data de 30-03-2020, durante um evento de precipitação intensa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Intervenções Antrópicas na Bacia do Córrego São José

A Bacia Hidrográfica do Córrego São José possui uma área de 2.220,71 ha e está localizada na porção central do município de Ituiutaba, apesar de seu tamanho relativamente pequeno, a área da bacia abrange grande parte da malha urbana do município, tendo como fundo de vale em sua parte urbanizada, uma das principais avenidas da cidade, a Avenida José João Dib, principal foco de problemas de alagamentos na área de estudo (Figura 3). Às margens da avenida estão localizados vários pontos de comércio, como bares; postos de combustíveis; escolas; etc. A avenida também é amplamente utilizada para a prática de atividades físicas, pois conta com uma infraestrutura construída e adaptada para tal uso, nela estão localizadas quadras de peteca, academias ao ar livre, pista de caminhada e ciclovias.

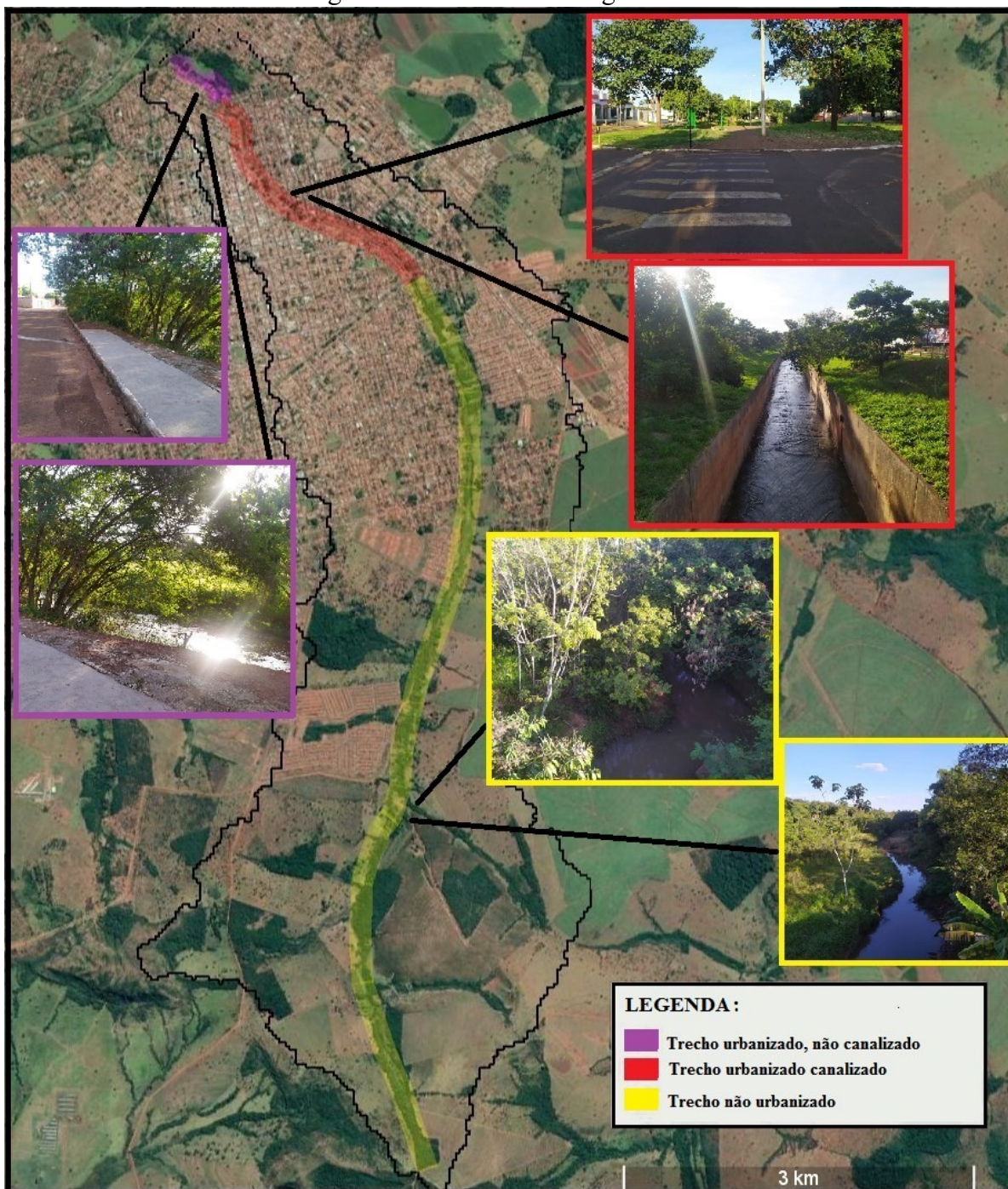
O Córrego São José durante o processo de ocupação de sua bacia passou por muitas transformações antrópicas e atualmente tem sido alvo de intensa intervenção urbanística. O seu trecho sul, de acordo com Fonseca (2017), possui uma área de APP em bom estado de preservação, tendo sua mata entrecortada apenas por pontes que fazem ligação entre as vertentes. O seu trecho urbanizado pode ser dividido em duas partes: entre as avenidas Minas Gerais e 1B, que possui curso canalizado e urbanização nas duas vertentes, sendo que o trecho norte não está canalizado e possui urbanização apenas na vertente esquerda (Figura 4).

Figura 3: Alagamentos na Avenida José João Dib



Autor: FERREIRA NETO, A. M. (30/03/2020)

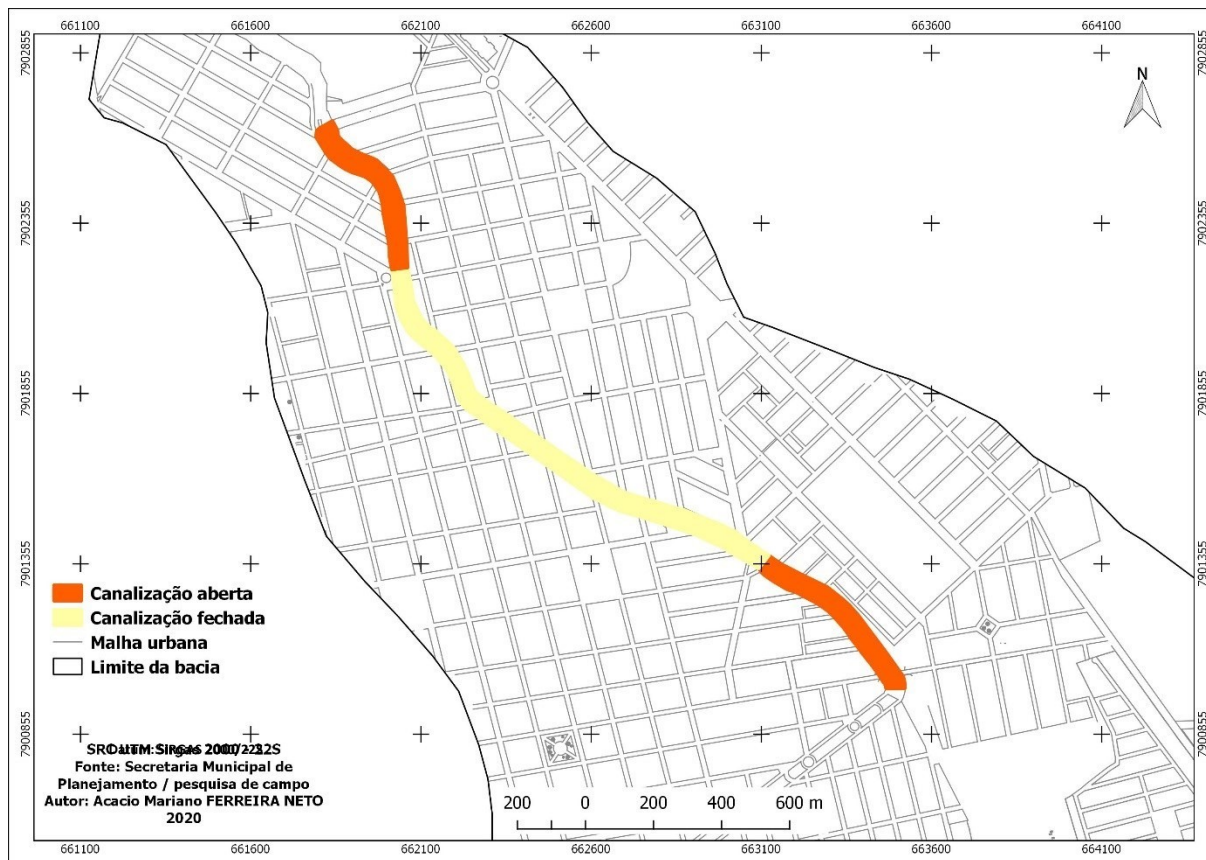
Figura 4: Trechos do Córrego São José



Fonte: Google Earth Pro (2020)
 Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Sob a Avenida João Dib encontra-se canalizado um trecho de cerca de 2,5 km do Córrego São José, sendo que desses, 1,4 km são de canalização fechada e 1,1 km são de canalização aberta (Mapa 4).

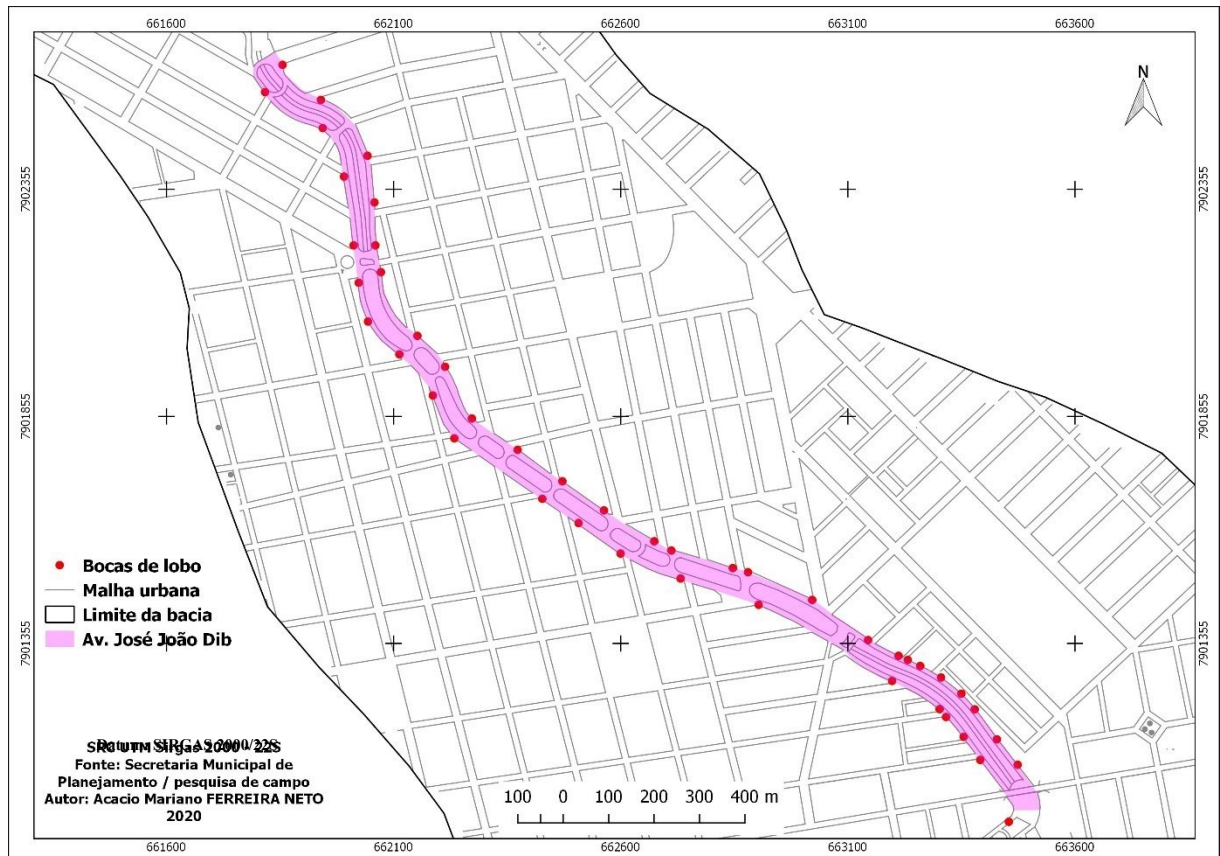
Mapa 4: Trecho canalizado do Córrego São José sob a Avenida José João Dib



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento
 Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Durante trabalho de campo observou-se a presença de 45 bocas de lobo na Avenida José João Dib, sendo 26 em sua margem direita e 19 em sua margem esquerda (Mapa 5), o que significa que, em média, existem do lado direito e esquerdo da via, uma boca de lobo a cada 96 e 131 metros respectivamente. Essas bocas de lobo são, de acordo com Ramos (1999), dos tipos “com grade, sem rebaixamento” e “com grade, com rebaixamento”, com tamanhos variados, não padronizados (Figura 5).

Mapa 5: Disposição de bocas de lobo na Avenida José João Dib



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento; pesquisa de campo.
 Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Segundo Watanabe (2009), uma via padrão, com duas faixas de rolamento de 3 metros cada, espaço para estacionamento longitudinal de 2,5 metros e calçada de 3 metros, como no caso da Avenida José João Dib, deve possuir uma boca de lobo no máximo a cada 60 metros de distância, portanto nota-se um grande déficit desse tipo de dispositivo no local, fato que pode ser agravado pela sua localização no fundo de vale da bacia.

Figura 5: Tipos de bocas de lobo na Avenida José João Dib: A- com grade, com rebaixamento; B- com grade, sem rebaixamento



Autor: FERREIRA NETO, A. M. (07/02/2020)

Os estragos ocasionados pela enxurrada nesses locais vão desde veículos arrastados, até a destruição da camada de pavimentação das vias, principalmente próximo à rotatória que marca a confluência entre a Avenida Minas Gerais e a Avenida José João Dib (Figura 6).

A impermeabilização da Avenida Minas Gerais e o seu entorno, assim como o déficit de bocas de lobo instaladas são fatores agravantes dos alagamentos na Avenida José João Dib, pois todo o escoamento superficial que não é captado por sua rede de drenagem pluvial é direcionado para a cabeceira da outra avenida.

Figura 6: Consequência das chuvas na Avenida Minas Gerais no Município de Ituiutaba MG



Fonte: A e B- Pontal em Foco (2016); C- Pontal em Foco (2017) Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Foi constatada na parte alta da pista, à montante da Avenida Minas Gerais, a presença de bocas de lobo, em média, a cada 300 metros, diminuindo essa frequência em sua parte baixa para 50 metros aproximadamente. Nesta via da avenida, se concentra a maior parte do escoamento superficial, no caso é o lado da avenida em que o trânsito segue o mesmo fluxo do escoamento, que apesar de se localizar à montante com relação ao córrego, a mesma se encontra em desnível com relação a outra via da avenida.

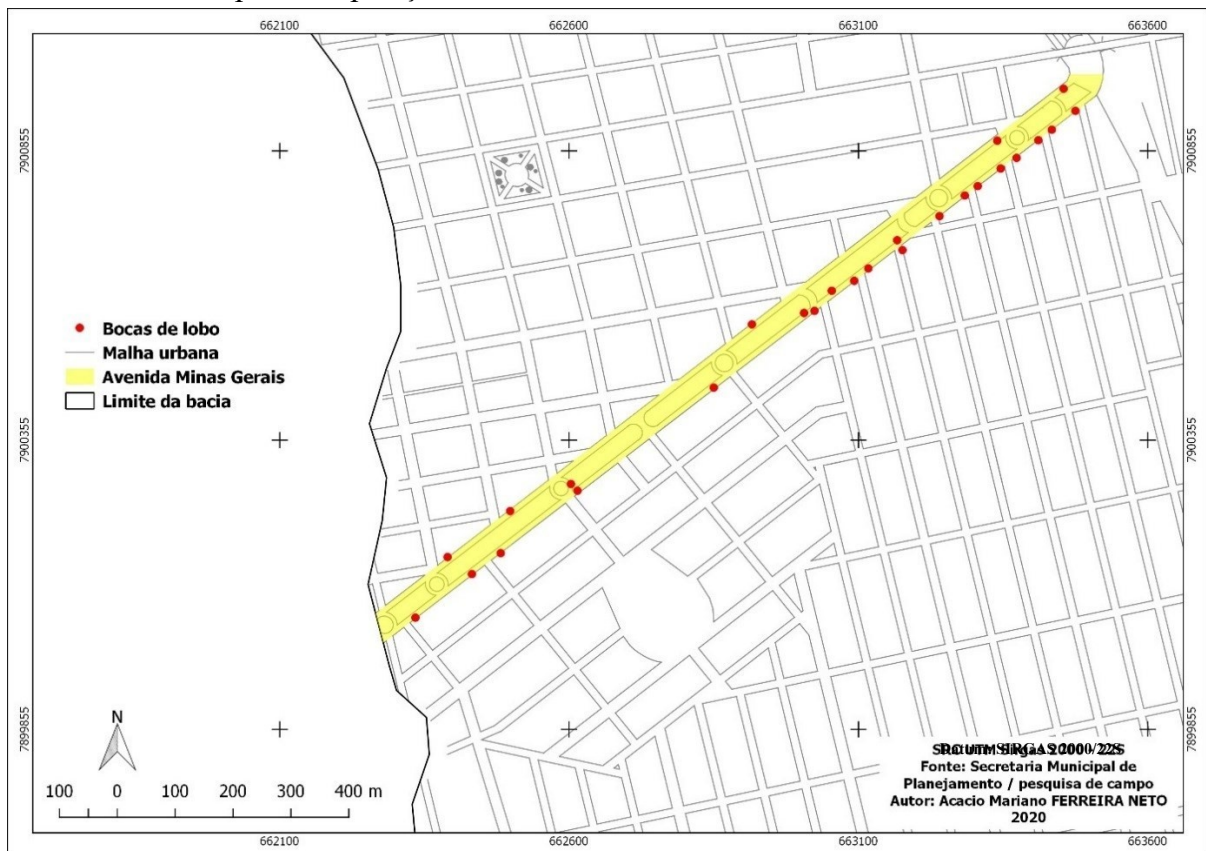
Em toda a extensão da pista de fluxo contrário, as bocas de lobo se encontram, em média, a cada 300 metros (Mapa 6). Os tipos de boca de lobo encontradas na avenida são, de acordo com Ramos (1999), dos tipos: “com grade, sem rebaixamento”; “com grade, com rebaixamento” e “múltipla, com abertura na guia, sem depressão”, todas com múltiplos tamanhos, sem padronização (Figura 7)

Considerando que a Avenida Minas Gerais também se enquadra na configuração de uma via padrão, como classificado por Watanabe (2009), pode-se afirmar, de acordo com esse autor, que a distância máxima recomendada entre as bocas de lobo para essa avenida é de 60 metros. Sendo assim, conforme observado em campo, chegou-se à conclusão de que a estrutura de microdrenagem desta avenida também é deficitária, pois apresenta respectivamente, uma boca

de lobo a cada 300 e 71 metros nas margens a jusante e a montante. É necessário se colocar algumas observações a respeito de tal levantamento:

- A distância máxima de 60 m entre duas bocas de lobo, apontada por Watanabe (2009), é considerada, segundo o próprio autor, para uma via padrão, entretanto, a avenida em questão está localizada em uma vertente e possui uma declividade relativamente alta, com amplitude altimétrica de 60 metros (Figura 8), o que pode significar uma maior demanda desses instrumentos.
- Foi constatada a inexistência de bocas de lobo nas ruas adjacentes à Avenida Minas Gerais. Visto que o escoamento dessas ruas é carregado em sua direção, esse pode ser considerado um problema estrutural, e por consequência ser responsável por aumentar consideravelmente a enxurrada no local, dificultando ainda mais a eficiência do sistema de drenagem.

Mapa 6: Disposição das bocas de lobo na Avenida Minas Gerais



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento; pesquisa de campo
 Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Considerando que a Avenida Minas Gerais também se enquadra na configuração de uma via padrão, como classificado por Watanabe (2009), pode-se afirmar, de acordo com esse autor, que a distância máxima recomendada entre as bocas de lobo para essa avenida é de 60 metros. Sendo assim, conforme observado em campo, chegou-se à conclusão de que a estrutura de microdrenagem desta avenida também é deficitária, pois apresenta respectivamente, uma boca de lobo a cada 300 e 71 metros nas margens a jusante e a montante. É necessário se colocar algumas observações a respeito de tal levantamento:

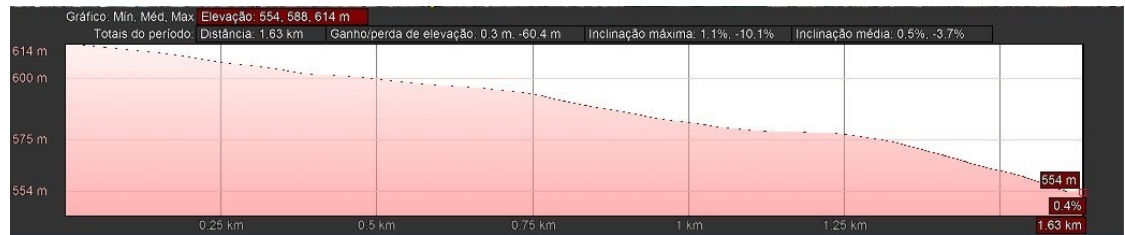
- A distância máxima de 60 m entre duas bocas de lobo, apontada por Watanabe (2009), é considerada, segundo o próprio autor, para uma via padrão, entretanto, a avenida em questão está localizada em uma vertente e possui uma declividade relativamente alta, com amplitude altimétrica de 60 metros (Figura 8), o que pode significar uma maior demanda desses instrumentos.
- Foi constatada a inexistência de bocas de lobo nas ruas adjacentes à Avenida Minas Gerais. Visto que o escoamento dessas ruas é carreado em sua direção, esse pode ser considerado um problema estrutural, e por consequência ser responsável por aumentar consideravelmente a enxurrada no local, dificultando ainda mais a eficiência do sistema de drenagem.

Figura 7: Tipos de bocas de lobo na Avenida Minas Gerais: A- com grade, com rebaixamento, B- com grade, sem rebaixamento, C- múltipla, com abertura na guia, sem depressão



Autor: FERREIRA NETO, A. M. (02/03/2020)

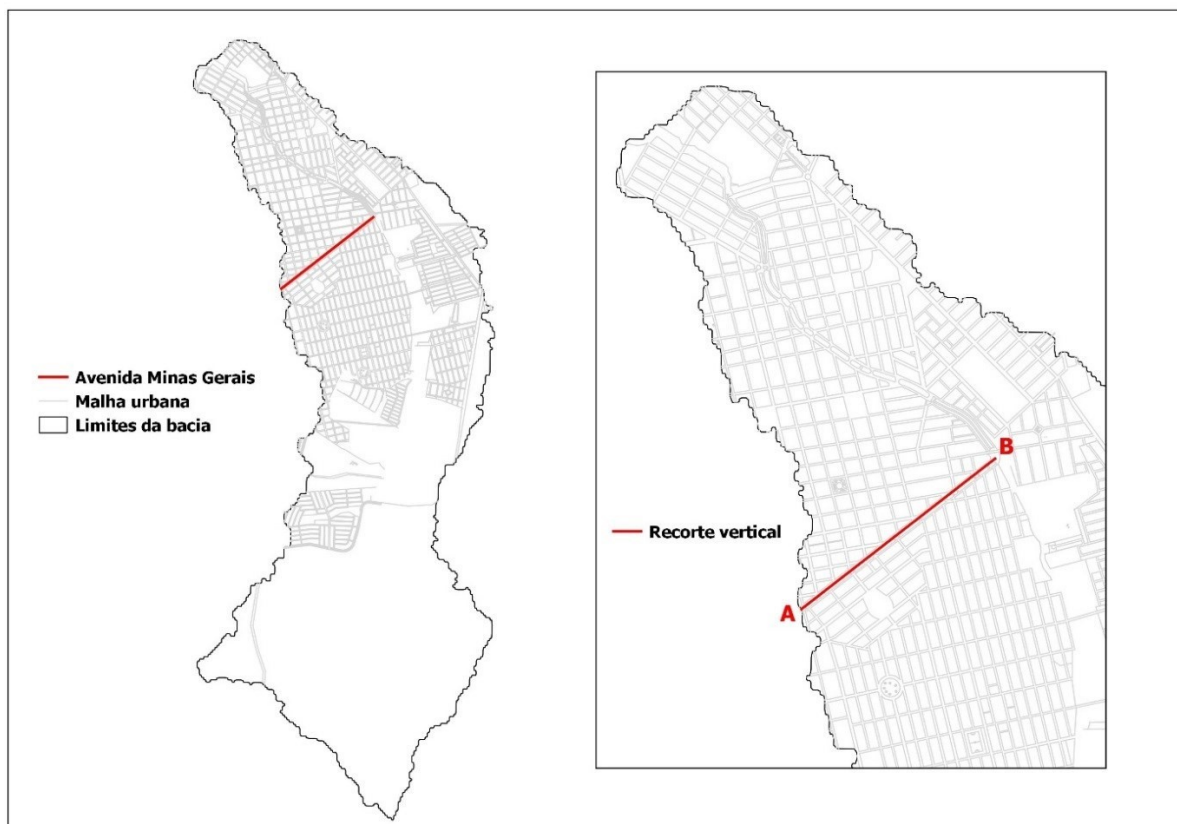
Figura 8: Perfil de elevação da Avenida Minas Gerais



Fonte: Google Earth Pro (2020)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Figura 9: Recorte vertical referente ao perfil de elevação



Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

4.2. Análise Morfométrica da Bacia do Córrego São José

De acordo com Barbosa Junior (2004), bacias hidrográficas de tamanho pequeno devem ser medidas em hectares, porém, apesar da bacia do Córrego São José apresentar um tamanho de apenas 2.220 hectares, as suas medidas foram representadas no Quadro 4 em unidades

derivadas de quilômetro, tal conversão foi necessária para se adequar às expressões matemáticas utilizadas no cálculo dos parâmetros morfométricos.

Quadro 4: Características morfométricas da bacia hidrográfica do Córrego São José

	Parâmetros	Unidades de Medida	Valores
Características Geométricas	Área drenagem (A)	Km ²	22,2
	Perímetro (P)	Km	27,42
	Coefficiente de Compacidade (Kc)	Adimensional	1,62
	Comprimento axial (L)	Km	10,38
	Largura média (Lm)	Km	2,14
	Fator de forma (Kf)	Adimensional	0,2
Características da Hidrografia	Comprimento do curso d'água principal	km	10,7
	Comprimento total dos cursos d'água (L _{tot})	Km	30,68
	Densidade de drenagem (Dd)	Km/Km ²	1,38
	Densidade hidrográfica (Dh)	Canais/Km ²	0,58
	Coefficiente de torrencialidade (Ct)	Adimensional	0,8
Características de Relevo	Altitude máxima	m	653
	Altitude média	m	600
	Altitude mínima	m	520
	Amplitude altimétrica	m	133
	Declividade máxima	%	13,95
	Declividade média	%	3,1
	Declividade mínima	%	1,15

Fonte: análise morfométrica
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Em termos de caracterização geométrica, foi encontrada para a bacia do Córrego São José, além de 22,2 Km² de área de drenagem, um valor de perímetro de 27,42 km. Sua largura média é de 2,14 Km e seu comprimento axial é de 10,38 Km.

Considerando os dados acima, foi possível chegar a um Kc de 1,6, o que, conforme classificação proposta por Silva e Mello (2008, apud Campanharo, 2010), aponta uma baixa propensão natural a grandes enchentes. Tal índice indica um formato de bacia alongado, onde o escoamento superficial e consequentemente a descarga da enxurrada e dos cursos d'água tributários acontecem de forma bem distribuída ao longo de toda a extensão do curso principal.

O Kf da bacia do Córrego São José é de 0,2, o que reforça a sua baixa susceptibilidade a grandes enchentes, pois, de acordo com a classificação proposta por Silva e Mello (2008, apud Campanharo, 2010), bacias com índices abaixo de 0,5 são consideradas não sujeitas a esses eventos. Quanto às características de hidrografia, os parâmetros: comprimento do curso d'água principal (L_p) e comprimento total dos cursos d'água (L_{tot}) foram de 10,7 e 30,68 m respectivamente. O comprimento do curso d'água principal é um índice que compreende a distância que se estende ao longo do canal principal desde o ponto exutório da bacia hidrográfica até a sua nascente na outra extremidade.

A partir do ordenamento de canais apresentado no Mapa 7, verificou-se que a área de estudo apresenta uma ramificação de 3ª ordem. Segundo a hierarquia fluvial proposta por Horton (1945) e modificada por Strahler (1957), essa classificação indica que a bacia do Córrego São José se mostra pouco ramificada, pois de acordo com esses autores, uma ordem menor ou igual a 4 é comum em bacias hidrográficas de dimensões pequenas e reflete os efeitos diretos do uso da terra e fragilidade de seus recursos hídricos. Sabe-se que quanto mais complexa for a ramificação de uma rede de drenagem, maior será sua eficiência.

A densidade de drenagem (D_d) da bacia é de 1,38 Km/Km², na prática significa que em cada m² de área de drenagem existe 1,38 km de cursos d'água disponíveis para o escoamento, este índice, de acordo com Santos et al. (2012), indica o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial. Com relação ao valor encontrado para a bacia do Córrego São José, este é classificado como uma bacia com drenagem regular, de acordo com a classificação proposta por Carvalho (2006).

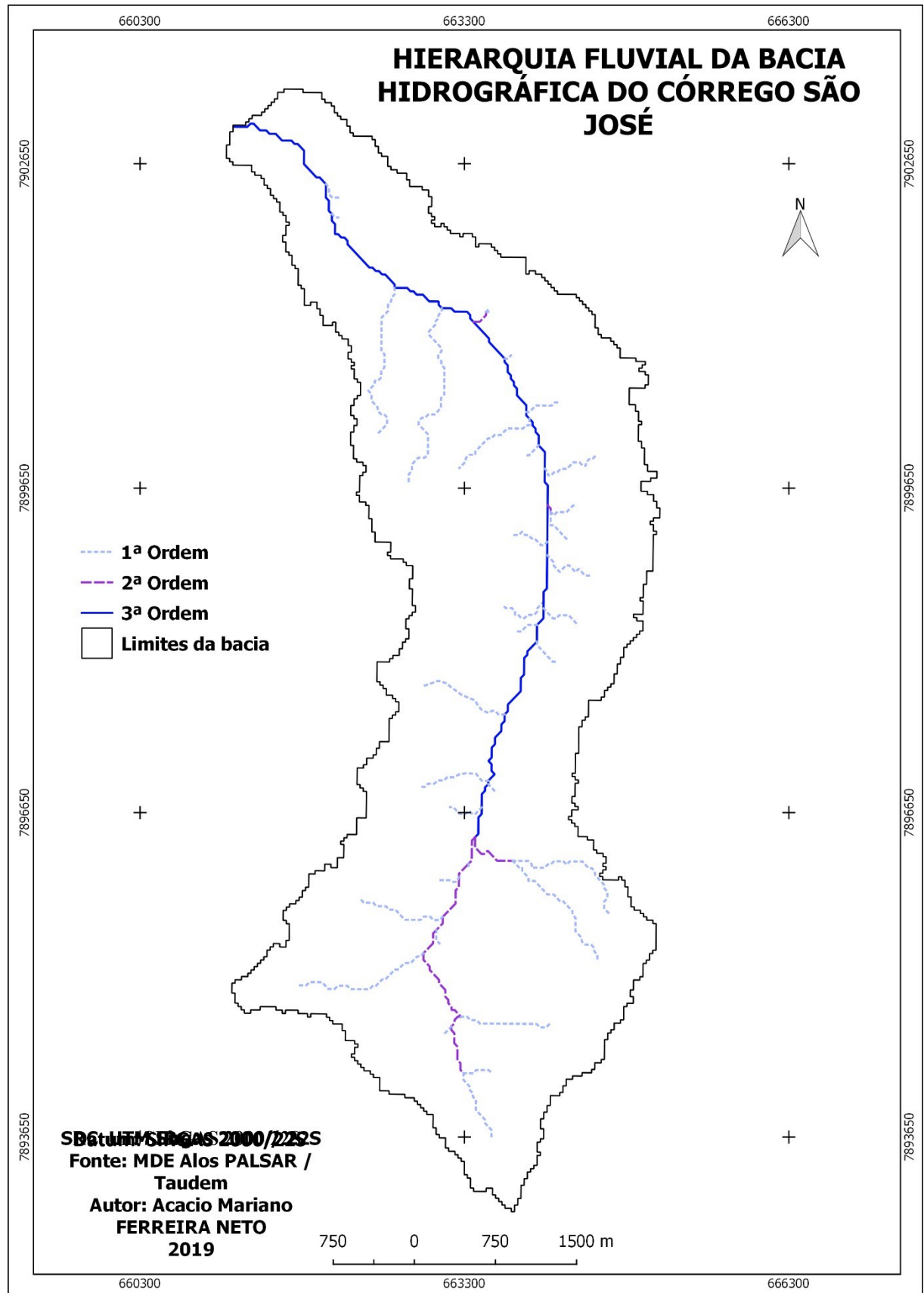
O valor da densidade hidrográfica encontrado para a bacia foi de 0,58 canais/km², isso indica mais uma vez um ambiente deficitário quanto à drenagem e pouco favorável à geração de novos canais. Segundo Pereira et al. (2015) este índice baixo (abaixo de 0,6) indica também uma baixa propensão natural a enchentes, fato esse corroborado pelo também baixo coeficiente de torrencialidade (0,8), no qual seu valor, segundo Campanharo (2010), possui relação direta com a susceptibilidade a esses eventos.

No que se refere às características de relevo, a Bacia do Córrego São José apresenta altitudes máxima e mínima de 653 e 520 m respectivamente (Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Mapa 8) e altitude média de 600 m. Considera-se a variação média de altitude de uma bacia um fator muito importante, pois com ela estão relacionadas a temperatura e a precipitação no local. De acordo com Santos et al. (2012), as variações de temperatura em uma bacia hidrográfica influenciam na evaporação e transpiração, tendo peso também nas perdas de água

sofridas pela mesma. Já variações na precipitação, atuarão diretamente no escoamento superficial e infiltração.

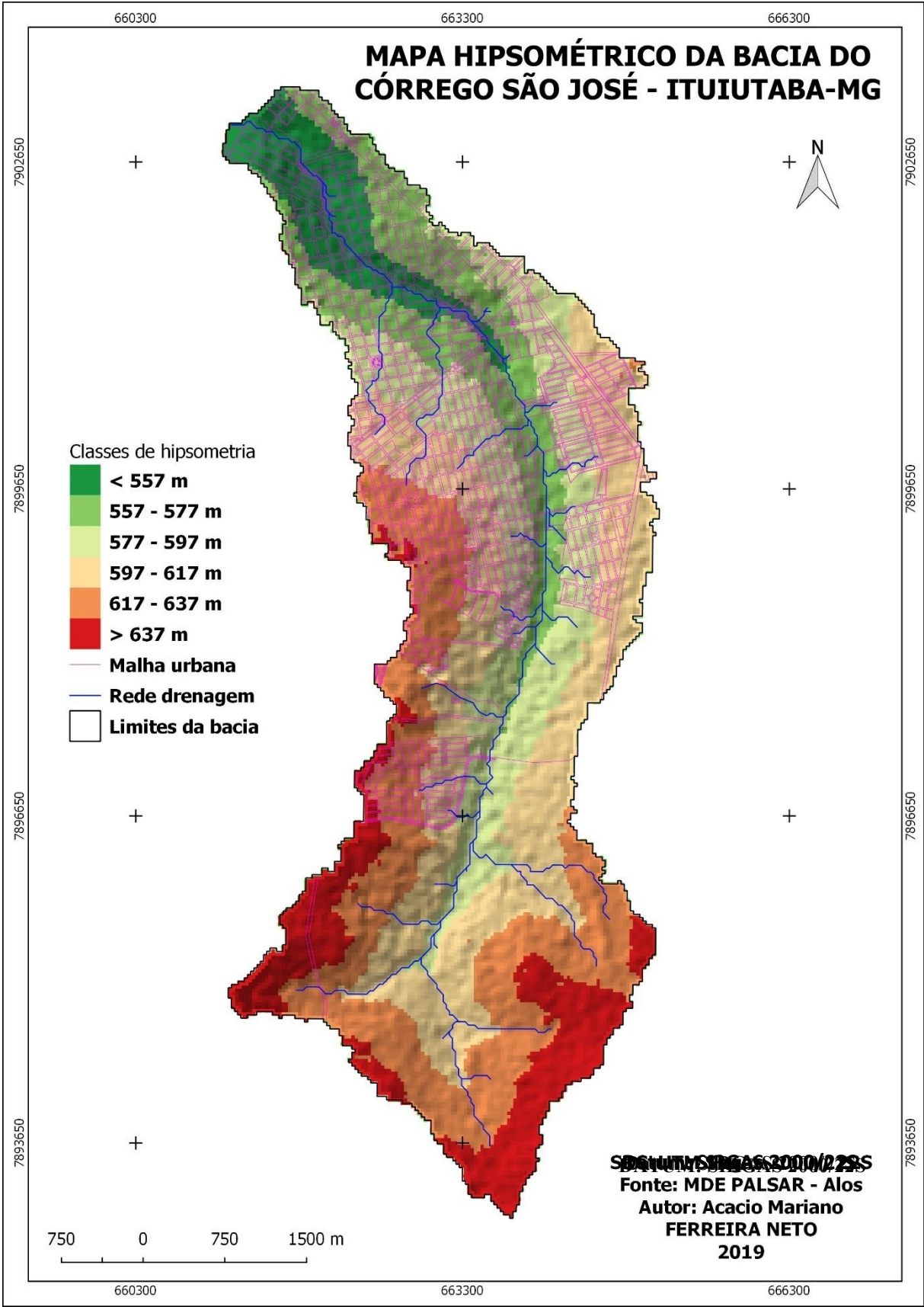
Mapa 7: Hierarquia de drenagem da Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: Strahler (1957)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Mapa 8: Elevação da Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: Alos Palsar
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

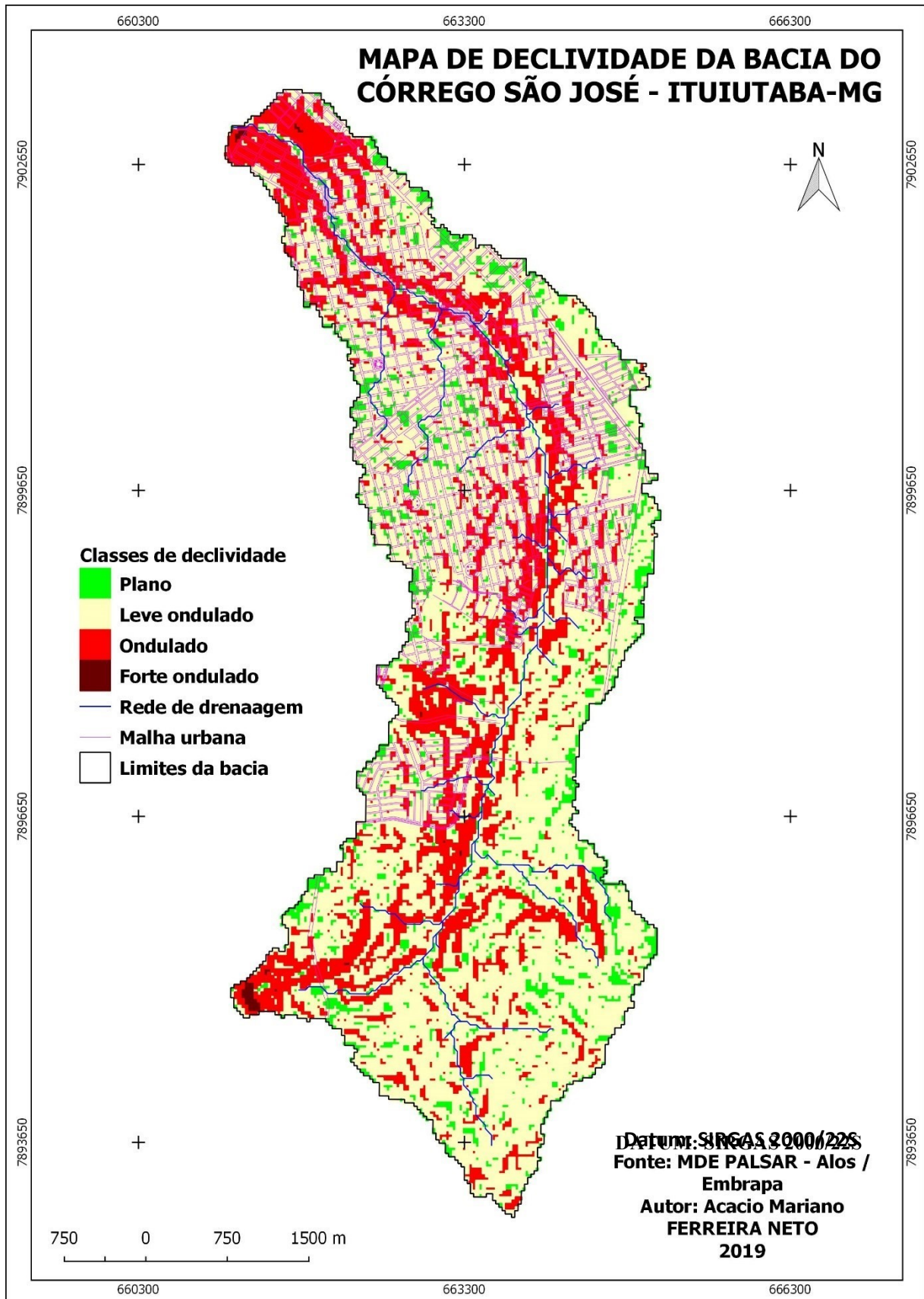
A Bacia do Córrego São José possui uma declividade máxima e mínima de 13,95 e 1,15 % respectivamente, e uma declividade média de 3,1 %, o que reflete seu relevo majoritariamente leve ondulado (61,06 %). Essa característica pode significar um baixo risco a deslizamentos, porém, em situações específicas e aliado a outros fatores, como a elevada taxa de impermeabilização do solo, por exemplo, pode contribuir com a ocorrência de alagamentos. 27,02 % de sua área possui relevo ondulado, especialmente nas partes mais baixas da bacia, próximo ao córrego. Uma parcela de 11,65 % da área possui relevo plano, mais precisamente nos locais adjacentes aos divisores de água, nas porções mais elevadas da bacia. Apenas uma pequena parte, próxima à uma das nascentes e outra já no final da bacia, próximo ao ponto exutório (0,27%), possuem declividades superiores a 20% (Tabela 2) e (Mapa 9).

Tabela 2: Classes de declividade da Bacia do Córrego São José

Classe de relevo (%)	Área (ha)	Área relativa (%)
Plano (0 - 3)	254,83	11,65
Leve ondulado (3 - 8)	1335,82	61,06
Ondulado (8 - 20)	591,05	27,02
Forte ondulado (20 - 40)	5,89	0,27

Fonte: MDE Alos/Palsar
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Mapa 9: Declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: Alos Palsar
 Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2019)

4.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA BACIA DO CÓRREGO SÃO JOSÉ

4.3.1. As precipitações e seus impactos em Ituiutaba - MG

Ainda que alguns autores apontem a urbanização como principal fator responsável pelos casos de eventos hidrológicos críticos, devido à ocupação indevida e muitas vezes irregular, de áreas susceptíveis a inundação, pode-se apontar também as precipitações como agente necessário para a ocorrência de tais eventos. Por isso, é importante ter conhecimento da dinâmica climática de um local para que se possa entender e contextualizar os riscos hidrológicos aos quais o mesmo está submetido.

Uma forma eficiente de se obter conhecimento acerca da dinâmica climática de um local é por meio do estudo da variabilidade pluviométrica, visto que as precipitações não são homogêneas e possuem grande variação de frequência e intensidade ao longo dos anos, de acordo com Fonseca (2017 p.80), “a variação da frequência e intensidade das chuvas é registrada pelas estações meteorológicas e possibilita conhecer melhor o regime das precipitações em um determinado local (ou região). Essa variação é um comportamento natural da atmosfera e é essencial para o entendimento do clima”.

Desse modo, Ituiutaba não foge à regra e apresenta grande variação no volume de precipitação nos últimos 30 anos (1989 – 2018), de acordo com os dados colhidos nas estações meteorológicas da região, como podemos observar na Tabela 3:

Tabela 3: Volumes de precipitação registrados em Ituiutaba entre 1989 e 2018

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1989	97	236,9	120,6	122,1	19,8	12,2	27	22,2	21	71,4	234,9	509,4	1494,5
1990	361,6	142,9	127,2	81,4	56,6	25,2	13,6	23	88,9	144,8	181,6	101,6	1348,4

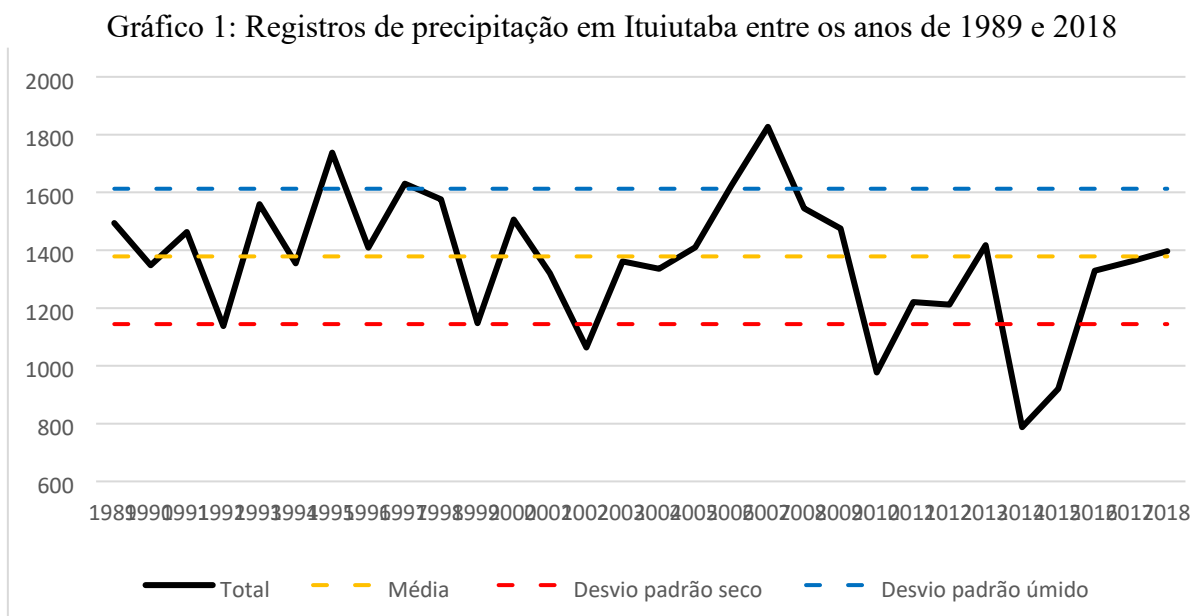
1991	361,8	307,7	398,4	77,1	4,3	0	0	0	56	36,8	93,2	127,4	1462,7
1992	268,6	160,6	99,9	110,7	35,6	0	0	1,8	72,5	149,9	53,3	184,7	1137,6
1993	86,2	385,8	146,4	54,6	51,6	31,4	0	90,6	168,1	118,8	208,9	217,2	1559,6
1994	219,2	108,5	209,5	108,6	21,4	8,6	26	0	0	84,8	198,2	369,5	1354,3
1995	352,9	517,2	170,6	94,6	168,3	29,1	0	0	10,6	70,8	143,6	180,1	1737,8
1996	354,8	169,7	184,7	41,2	91,2	27,8	2,2	7,8	85,9	93	255	95,5	1408,8
1997	382,4	64,6	128,6	65,8	51,6	142,6	0	0	124,9	119,8	247,8	302,2	1630,3
1998	197,8	262,4	248,8	96,2	47,4	1,4	0	94,2	13,8	290	124,2	199,4	1575,6
1999	321	212,8	173,1	45,8	5,2	13,2	0,2	0	96,4	16,2	122,6	140,6	1147,1
2000	247,4	378,6	104,9	68,4	1,9	0	9,4	7,6	61,2	38,8	342,6	245	1505,8
2001	188,4	69,2	173,5	133,2	121,6	3,2	0	9,1	38,6	154,9	179,8	248,3	1319,8
2002	139,3	317,9	145,4	22,4	16,8	0	3,7	20	56,5	97,3	97,6	146,8	1063,7
2003	309,7	161,1	187,4	63,8	16,5	32,6	2	26,1	19,9	53,9	250,8	237,2	1361
2004	160,6	136,1	87,5	201,5	2,5	6,7	34,6	0	0	103,7	184,3	418,5	1336
2005	233	68,9	147,9	33,1	28,9	25,2	0,2	0,2	55,9	162,2	310,6	343,5	1409,6
2006	296,5	260,4	307,5	60,5	2,8	6,7	0	12,7	79	274,7	120,9	201,8	1623,5
2007	426,2	205,6	98,2	47,9	12,1	8,6	58	0	11,2	176,3	442,5	340,5	1827,1
2008	518,6	211,4	91,7	86,2	1,1	0,3	0	0,4	6,4	189,2	138,9	300,4	1544,6
2009	352	219,7	221	45,4	7,8	6	2,3	2	15,7	91	146,1	366,2	1475,2
2010	212,5	110,3	152,5	17,3	4,3	6,1	5	0,2	19,2	75,3	173,6	200,1	976,4
2011	225	86,9	295,6	46,5	0	2	0	0	6,4	121,4	187,7	248,9	1220,4
2012	311,4	277,8	123	46,7	26,8	12	4,8	0	39,3	39	79,2	252	1212
2013	160,5	186,8	249	158,4	6,7	11	3	0	36,5	75,4	203,2	327,2	1417,7
2014	209,8	130,3	124,1	85,5	0,3	1,2	57,6	0	42,9	13,2	81,1	41,5	787,5
2015	39,3	163	86,1	73,6	201,5	0	8	0	34,9	36,5	119,5	157,7	920,1
2016	248,2	170,5	83,1	0	24	31,2	0	33,5	0	88,2	315,4	334,5	1328,6
2017	205,4	183,1	134,2	122,6	53,3	0	0	0	0	37,5	344,9	280	1361
2018	347	155,9	85,7	112,2	14,8	0	0	19,1	66,2	66,2	456,2	72,8	1396,1
Média	261,1	202,1	163,5	77,4	36,6	14,8	8,6	12,4	44,3	103,0	201,3	239,7	1364,8

Fonte: Fonseca (2017); ANA (2019)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Analisando os dados da Tabela 3, verificamos que as precipitações entre os anos de 1989 e 2018 apresentaram uma grande variação. Considerando as médias anuais, pôde-se perceber que o ano de 2017 foi o mais chuvoso dessa série histórica, onde foi registrado um volume de 1.827 mm, porém, nesse ano as precipitações foram relativamente bem distribuídas durante os meses, visto que os seus volumes mensais não estão entre os mais altos do período, sendo este posto ocupado pelo mês de Janeiro de 2018, que obteve um volume de 518,6 mm, seguido pelos meses de fevereiro de 1995 e dezembro de 1989, que registraram um total de 517,2 e 509,4 mm respectivamente. O ano mais seco do período histórico foi o de 2014, que apresentou um volume de chuvas de apenas 787,5 mm, ou seja, nesse ano choveu cerca de 2,3 vezes menos que no ano

de 2007, deste modo, apenas nos meses de novembro e dezembro de 2007, choveu quase que o equivalente a todo o ano de 2014.

A análise dos dados de precipitação nesse período histórico revelou uma amplitude de 1.039,6 mm, tal fato pode ser observado no Gráfico 1:



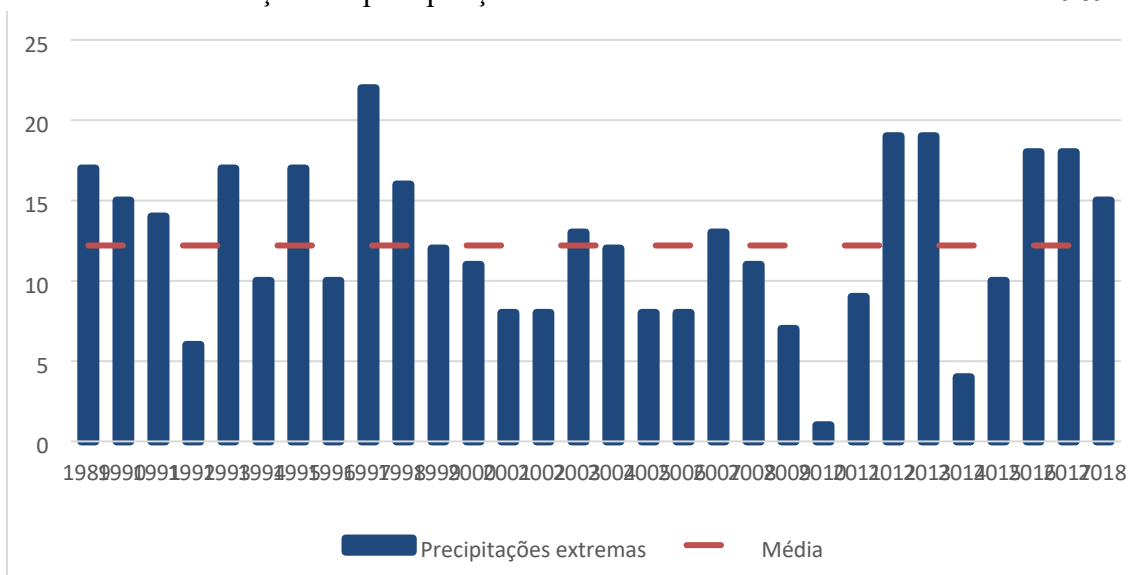
Para se definir as faixas de precipitação que classificam os anos como secos, chuvosos e habituais, foi calculado o desvio padrão dos totais anuais no período entre 1989 e 2018, obtendo-se o valor de 234,2 mm. Somando esse valor à média anual (1364,8mm), determinouse o limite máximo habitual de precipitação (1612,8mm). Definiu-se o limite mínimo para essa precipitação habitual (1144,2mm), subtraindo o valor do desvio padrão da média de todos os anos. Assim sendo, consideraram-se anos chuvosos, todos os anos em que a precipitação total foi superior a 1612,8 mm, e anos secos, todos os anos em que o total foi inferior a 1364,8 mm. Os anos de 1995, 1997 e 2007 foram considerados anos chuvosos, pois apresentaram precipitação de 1737,8, 1630,3 e 1827,1 mm respectivamente. Já os anos de 1992 com 1137,6 mm; 2002 com 1063,7 mm; 2010 com 976,4 mm e 2014 com 787,5mm foram anos considerados secos. Os demais anos do período (cerca de 77%) se mantiveram dentro do padrão, portanto foram considerados anos habituais.

Essa variação da precipitação, segundo Fonseca (2017), pode estar associada ao fenômeno El Niño. Esse fenômeno oceânico-atmosférico, é responsável por alterações na circulação geral da atmosfera, o que pode afetar tanto o clima regional quanto global, devido ao aquecimento

incomum das águas superficiais do oceano pacífico (FOLI; COSTA, 2016). No entanto, tanto nos anos chuvosos quanto nos habituais e secos, foi verificada a atuação do El Niño, porém, destaca-se o fato de que em todos os anos chuvosos ocorreram o fenômeno. Os períodos de ocorrência do El Niño e La Niña encontram-se detalhados no Anexo 1.

Considerando o volume de precipitação diário, verificou-se que por 338 vezes, entre os anos de 1989 e 2018, foi registrado em Ituiutaba volumes de precipitação igual ou superior a 30 mm em um período de 24 horas (Anexo 2). Tendo em vista que Fonseca (2017) considera que precipitações com volume a partir de 30 mm já podem causar impactos em um ambiente urbano, pode-se afirmar que a cidade de Ituiutaba nesta série histórica, se encontrou em situação de risco em média 12 vezes a cada ano.

Gráfico 2: Distribuição das precipitações extremas em Ituiutaba entre os anos de 1989 e 2018



Fonte: ANA

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Em Ituiutaba, foram registrados 14 anos em que ocorreu um número acima média de precipitações extremas, desses, apenas os anos de 1990, 2012 e 2016 ficaram abaixo da média para as precipitações anuais, sendo que os anos de 1995, 2007 e 2017 foram considerados anos chuvosos. Observa-se também que nos anos de 1992, 2010 e 2014, foram registrados os menores números de precipitações extremas, esses mesmos anos apresentaram volumes de precipitação muito abaixo da média, e por isso foram considerados anos secos.

Notou-se nos registros de ocorrências do Corpo de Bombeiros, que a corporação não faz distinção por tipo de impacto ocorrido, entretanto os dados são classificados de acordo com 3

categorias, sendo elas: risco de E/A/I; ocorrência de E/A/I e resgate de pessoas em E/A/I, onde E/A/I se refere a enchentes, alagamentos e inundações.

O banco de dados do Corpo de Bombeiros é composto por dados a partir do ano 2000, pois anteriormente a isso, os registros eram feitos manuscritos e esses dados, de acordo com Fonseca (2017), foram descartados após a modernização, por terem sido considerados prescritos, restando somente os arquivos digitais (Quadro 5).

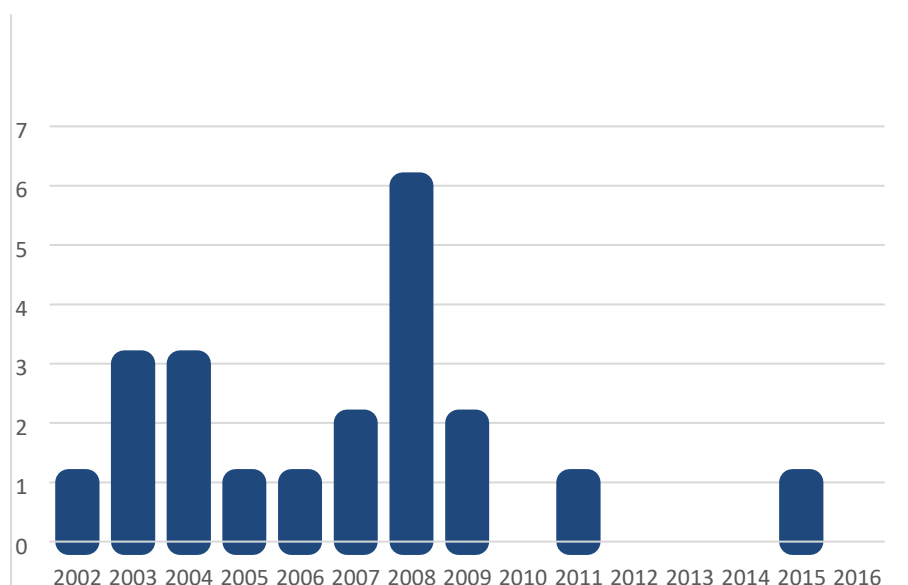
Quadro 5: Ocorrência de atendimentos realizados pelo Corpo de Bombeiros

Data	Endereço	Bairro	Tipo de ocorrência
11/03/2002	Av. 31, S/N	Centro	Resgate de pessoas em E/A/I
05/03/2003	Av. 27, 228	Centro	Risco de E/A/I
17/03/2003	Av. José João Dib, 3455	Camargo	Risco de E/A/I
10/10/2003	R. José Gomes Pinheiro, 767	Junqueira	Risco de E/A/I
21/10/2004	Av. 19, 380	Centro	Resgate de pessoas em E/A/I
19/12/2004	Av. 19, 330	Centro	Resgate de pessoas em E/A/I
19/12/2004	R. Amando Fratari, 328	Junqueira	Resgate de pessoas em E/A/I
27/01/2005	R. Fernando Santiago, 177	Jardim do Rosário	Risco de E/A/I
02/03/2006	Av. Minas Gerais	Camargo	Resgate de pessoas em E/A/I
06/10/2007	R. 36, 1987	Centro	Risco de E/A/I
06/10/2007	Av. 1, 399	Centro	Risco de E/A/I
24/01/2008	R. 38, 1671	Centro	Ocorrência de E/A/I
24/01/2008	Av. 27, 228	Centro	Ocorrência de E/A/I
24/01/2008	Av. José João Dib, 3509	Setor Sul	Ocorrência de E/A/I
24/01/2008	Av. Minas Gerais, 667	Junqueira	Ocorrência de E/A/I
24/01/2008	Av. Minas Gerais, S/N	Centro	Ocorrência de E/A/I
20/12/2008	Minas Gerais, 613	Centro	Ocorrência de E/A/I
15/02/2009	Minas Gerais, 189	Camargo	Ocorrência de E/A/I
27/03/2009	Av. 27,213	Centro	Risco de E/A/I
01/03/2011	Tobias da Costa Junqueira, nº 4	Junqueira	Ocorrência de E/A/I
17/01/2015	Avenida 19, 228	Centro	Ocorrência de E/A/I

Fonte: Adaptado de Fonseca (2017)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Nota-se que no período em questão (2002 – 2016), o ano de 2008 foi o que mais registrou ocorrências de atendimento (6), seguido pelos anos de 2003 e 2004, com 5 registros cada. É possível observar também que nos anos de 2010, 2012, 2013, 2014 e 2016 não foram registradas ocorrências na bacia. O Gráfico 3 mostra a distribuição anual dessas ocorrências:

Gráfico 3: Distribuição anual das ocorrências de atendimento registradas pelo Corpo de Bombeiros

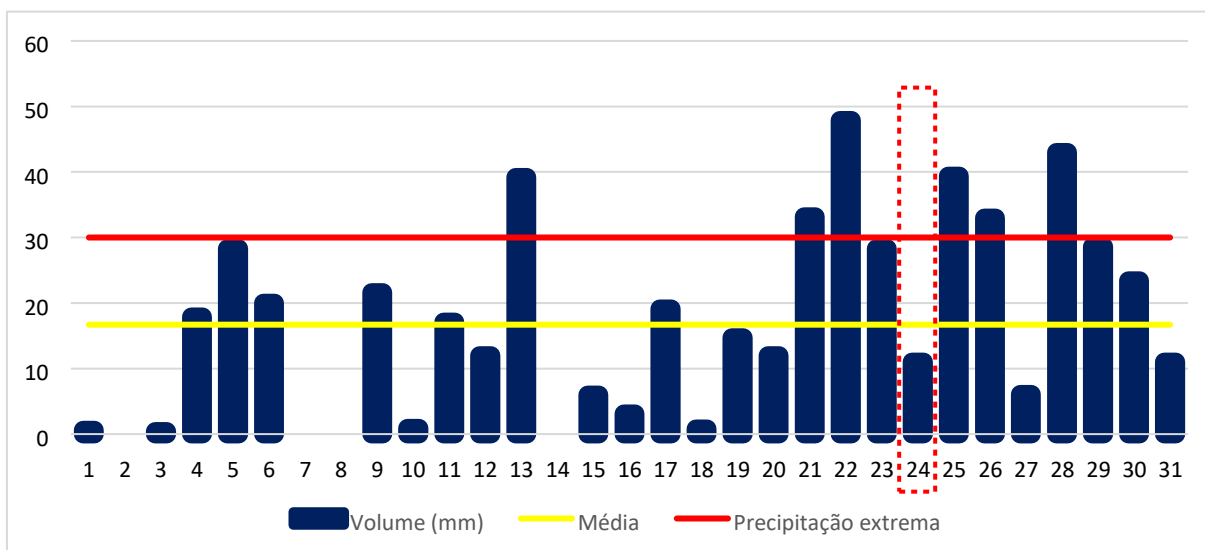


Fonte: Corpo de Bombeiros Militar – MG
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

O ano de 2008, apesar de ser o ano com mais ocorrências de atendimentos pelo Corpo de Bombeiros, foi considerado um ano com precipitação dentro do limite habitual (1544,6 mm), porém quando se passa a considerar as precipitações mensais, nota-se que o mês mais chuvoso em toda a série histórica de 30 anos, foi exatamente o mês de janeiro de 2008, mês em que foram registradas 5 das 6 ocorrências do ano.

As ocorrências registradas pelo Corpo de Bombeiros no mês de janeiro de 2008 foram todas classificadas como ocorrência de A/E/I, ou seja, de acordo com a classificação da própria corporação, nessas ocasiões, de fato foi constatado a ocorrência de algum impacto nesses locais, porém nota-se que todas as ocorrências registradas nesse mês ocorreram em um único dia (24), no entanto, apesar desse mês ter apresentado o maior volume de precipitação mensal de toda a série histórica, nesse dia, especificamente, foi registrado, de acordo com a ANA (2019), um volume de apenas 11 mm, como pode ser observado no Gráfico 4:

Gráfico 4: Volumes de precipitação diária no mês de janeiro de 2008 em Ituiutaba



Fonte: ANA (2020)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

O volume de precipitação de 11 mm registrado no dia 24 de janeiro de 2008, é um valor consideravelmente baixo se comparado com a média diária para esse mês, que foi de 16,7 mm, esse volume se torna ainda menos expressivo se comparado aos 30 mm que configuram uma precipitação extrema. É presumível, de acordo com os dados apontados, que provavelmente houve um acúmulo de ocorrências de dias anteriores sendo registradas pelo Corpo de Bombeiros no dia 24/01/2008.

4.3.2. Elevação

A Bacia do Córrego São José possui uma amplitude altimétrica de 133 m, medindo 653 m em sua cota mais elevada, enquanto que sua foz está localizada a 520 m de elevação. É importante dizer que a área da bacia em que estão localizadas as cotas altimétricas mais baixas é exatamente onde está localizada a área urbana, ou seja, a alta taxa de impermeabilização do solo está situada exatamente onde há naturalmente maior probabilidade de ocorrência de inundações.

As classes de fragilidade propostas por Ross (1994), são organizadas inversamente proporcionais às cotas altimétricas, sendo os valores mais baixos de elevação classificadas com fragilidade mais alta e vice-versa (tabela 4).

Tabela 4: Pesos atribuídos às classes de elevação

Elevação com relação ao ponto exutório (m)	Classe (Valor)
0 - 10	1
10 - 60	3
> 60	5

Fonte: Ross (1994)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

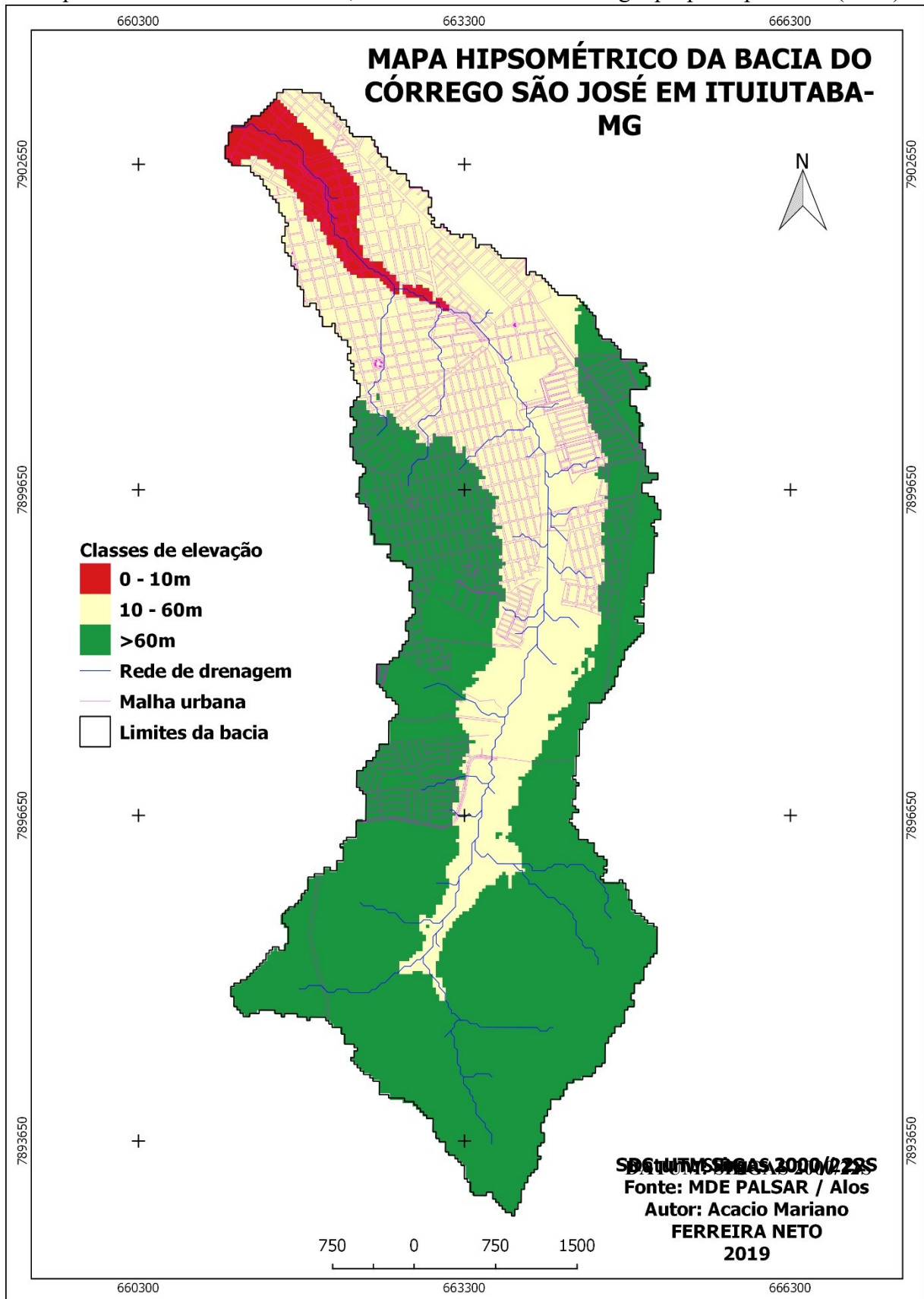
Analisando o resultado da classificação proposta por Ross (1994) para os dados hipsométricos, podemos destacar a predominância de áreas de baixa fragilidade (Tabela 5), destaca-se mais uma vez que as áreas com fragilidade mais alta se encontram sobrepostas à área urbana (figura 11).

Tabela 5: Classes de declividade da Bacia do Córrego São José de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994)

Classe	Área (ha)	Área Relativa (%)
1	1280,13	57,82
2	843,13	38,08
3	90,84	4,10

Fonte: Ross (1994)
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Mapa 10: Classes de declividade, de acordo com a metodologia proposta por Ross (1994)



Fonte: MDE Alos/Palsar; Ross (1994)

Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2019)

4.3.3. Pedologia

O fator solo é outra variável a ser considerada na análise da fragilidade potencial e emergente de um determinado ambiente, os critérios pedológicos a serem analisados são suas características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes superficiais e subsuperficiais (Ross, 1994). Ainda de acordo com Ross (1994), tais características estão diretamente relacionadas com o relevo, a litologia, o clima, e também com os elementos motores da pedogênese e dos fatores determinantes das características físicas e químicas do solo.

Ross (1994) definiu a fragilidade/erodibilidade de acordo com o escoamento superficial difuso e concentrado, os agrupando da seguinte maneira:

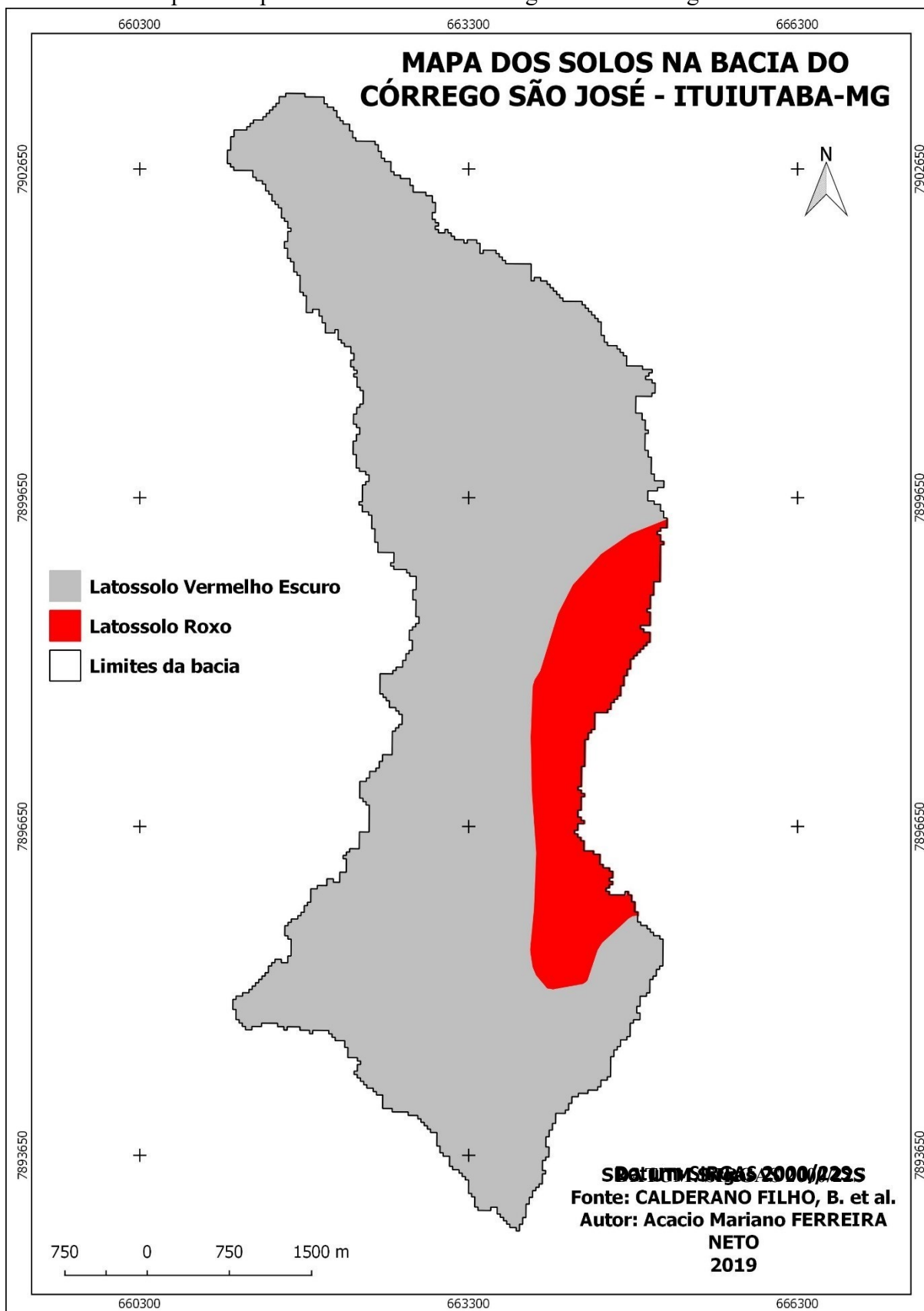
Tabela 6: Classes de fragilidade do solo de acordo com Ross (1994)

Classes de Fragilidade	Classes de Solo	Peso
Muito baixa	Latossolo roxo, latossolo vermelho escuro e vermelho amarelo de textura argilosa.	1
Baixa	Latossolo amarelo e vermelho amarelo textura média/argilosa.	2
Média	Latossolo vermelho amarelo, terra roxa, terra bruna, podzólico vermelho amarelo textura média/argilosa.	3
Alta	Podzólico vermelho amarelo textura média/arenosa, cambissolos.	4
Muito alta	Podzolizados com cascalho, litólicos e areias quartzozas.	5

Fonte: adaptado de Ross (1994).
Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Na Bacia do Córrego São José, de acordo com Calderano Filho et al. (2015), o Latossolo Vermelho Escuro é predominante (87,7 %). Sendo uma pequena fração de 12,3 %, classificada como Latossolo Roxo (Mapa 11). Considerando que ambos os tipos de solo encontrados na área de estudo, de acordo com Ross (1994), são classificados como fragilidade “muito baixa”, toda a área da bacia recebeu peso 1.

Mapa 11: Tipos de solo na Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: Calderano Filho (2015)

4.4. Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente da Bacia do Córrego São José

Os dados de declividade, hipsometria e solo, foram submetidos à equação $FP=(DC+SO+HP)/3$, dando origem à carta de Fragilidade Potencial (Mapa 12), na qual procurou-se compreender as interações dinâmicas que atuam sobre o sistema natural da bacia e assim reconhecer as limitações presentes para uso do solo, bem como as alternativas para sua ocupação, visando minimizar os impactos ambientais e a qualidade de vida da população (Pachechenik et al. 2013).

Os resultados da equação foram reclassificados de acordo com 5 níveis de fragilidade potencial: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta, como pode ser observado na Tabela 7:

Tabela 7: Classes de fragilidade potencial na Bacia Hidrográfica do Córrego São José

Classe	Área (%)
Muito baixa	39,46
Baixa	7,19
Média	40,59
Alta	10,3
Muito alta	2,46

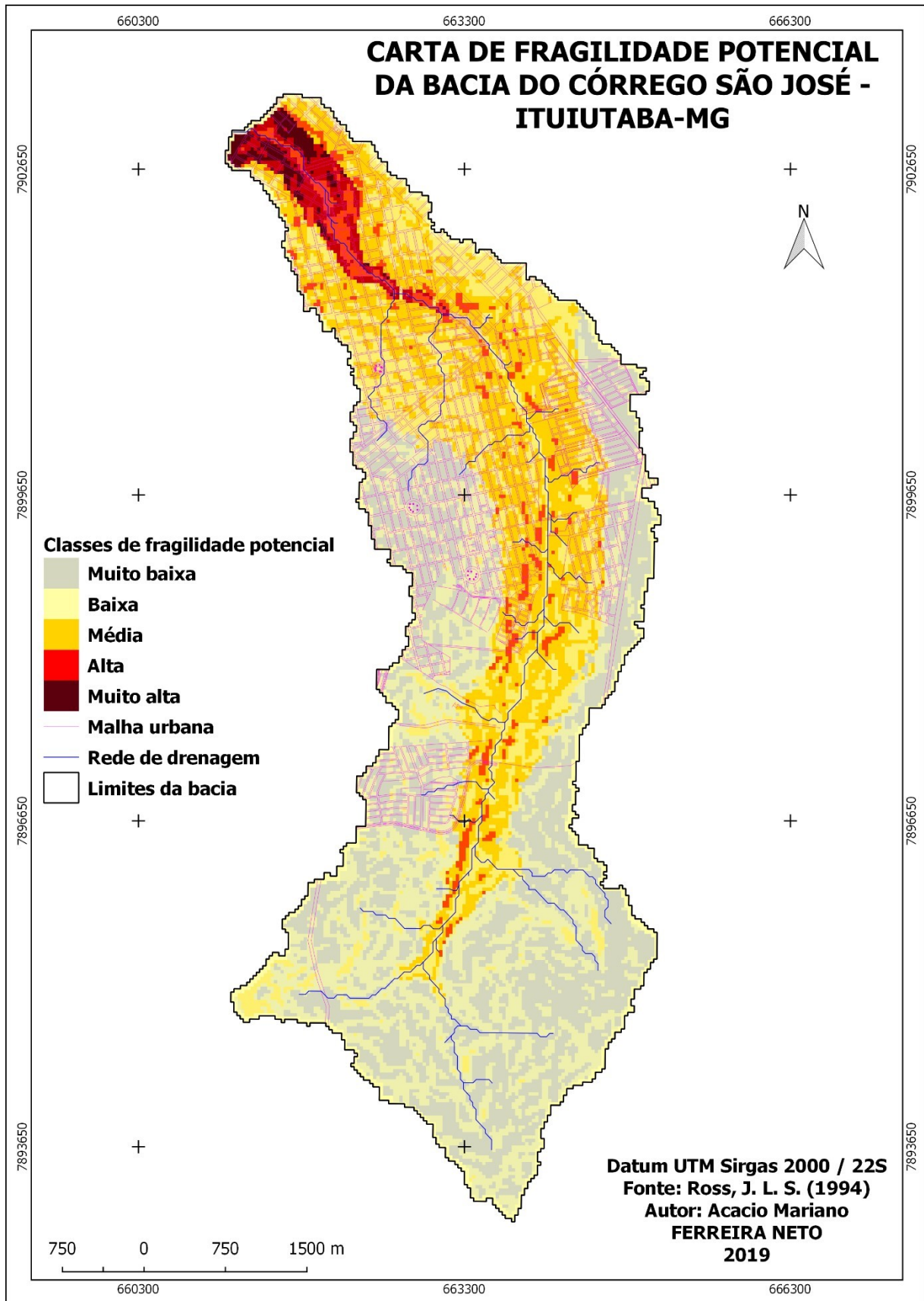
Fonte: Ross (1994)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

De acordo com as características naturais da bacia, é possível observar que os maiores índices de fragilidade de toda área de estudo, estão concentrados no baixo curso do córrego, tendo suas classes de fragilidade variando entre alta e muito alta, essa região é caracterizada por áreas de baixa elevação, e por conter, em alguns pontos, as maiores declividades da bacia.

No médio curso da bacia, nota-se um equilíbrio entre as classes de fragilidade muito baixa, baixa e média, sendo associadas às áreas com elevação média e declividade moderada. Por fim, em seu alto curso, onde as taxas de elevação são maiores, a bacia apresenta uma diminuição de áreas com fragilidade média, o que implica consequentemente no aumento das taxas de fragilidade baixa e muito baixa.

Mapa 12: Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Córrego São José

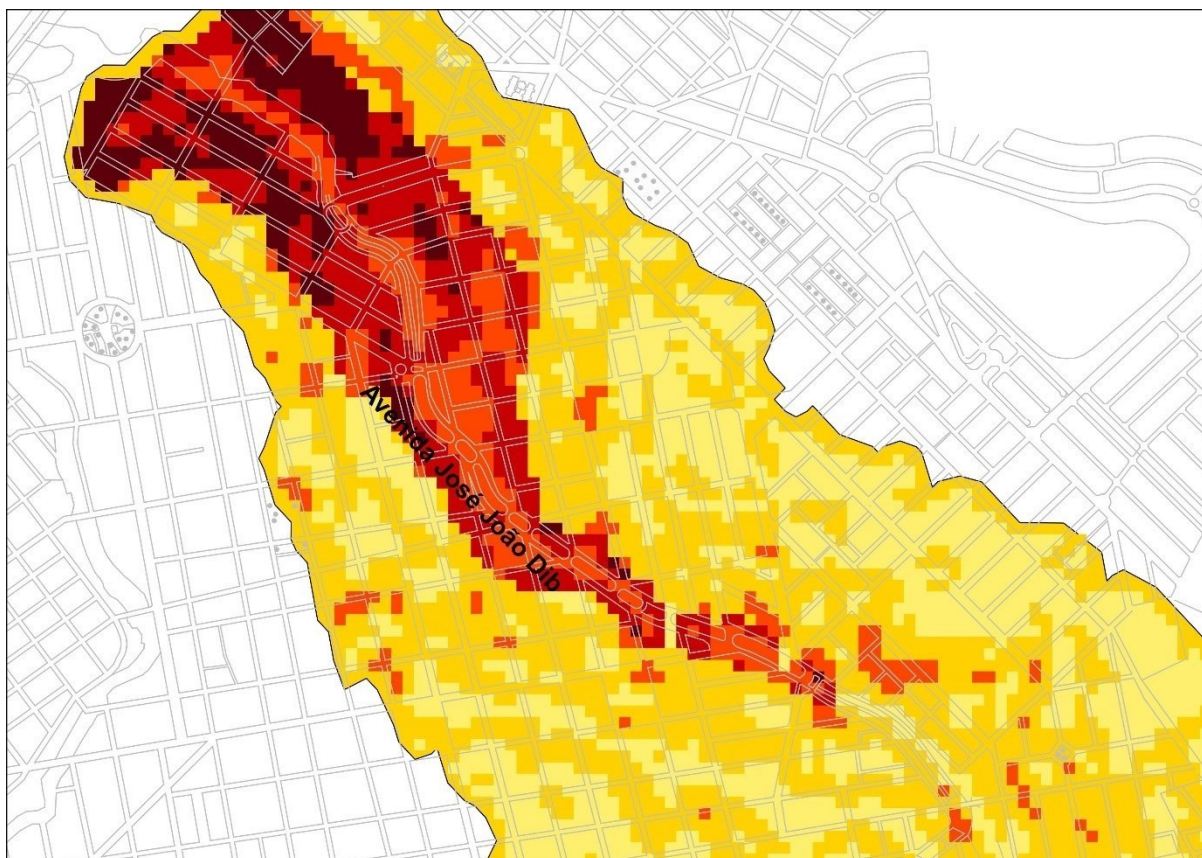


Fonte: Ross (1994), mapeamentos feitos pelo autor.

Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2019)

A Avenida José João Dib acompanha o fundo de vale ao longo de todo o baixo curso do Córrego São José (Figura 10), fato esse que, em conjunto com a alta taxa de impermeabilização do solo nesse local, tende a agravar os problemas de alagamento.

Figura 10: Baixo curso do Córrego São José



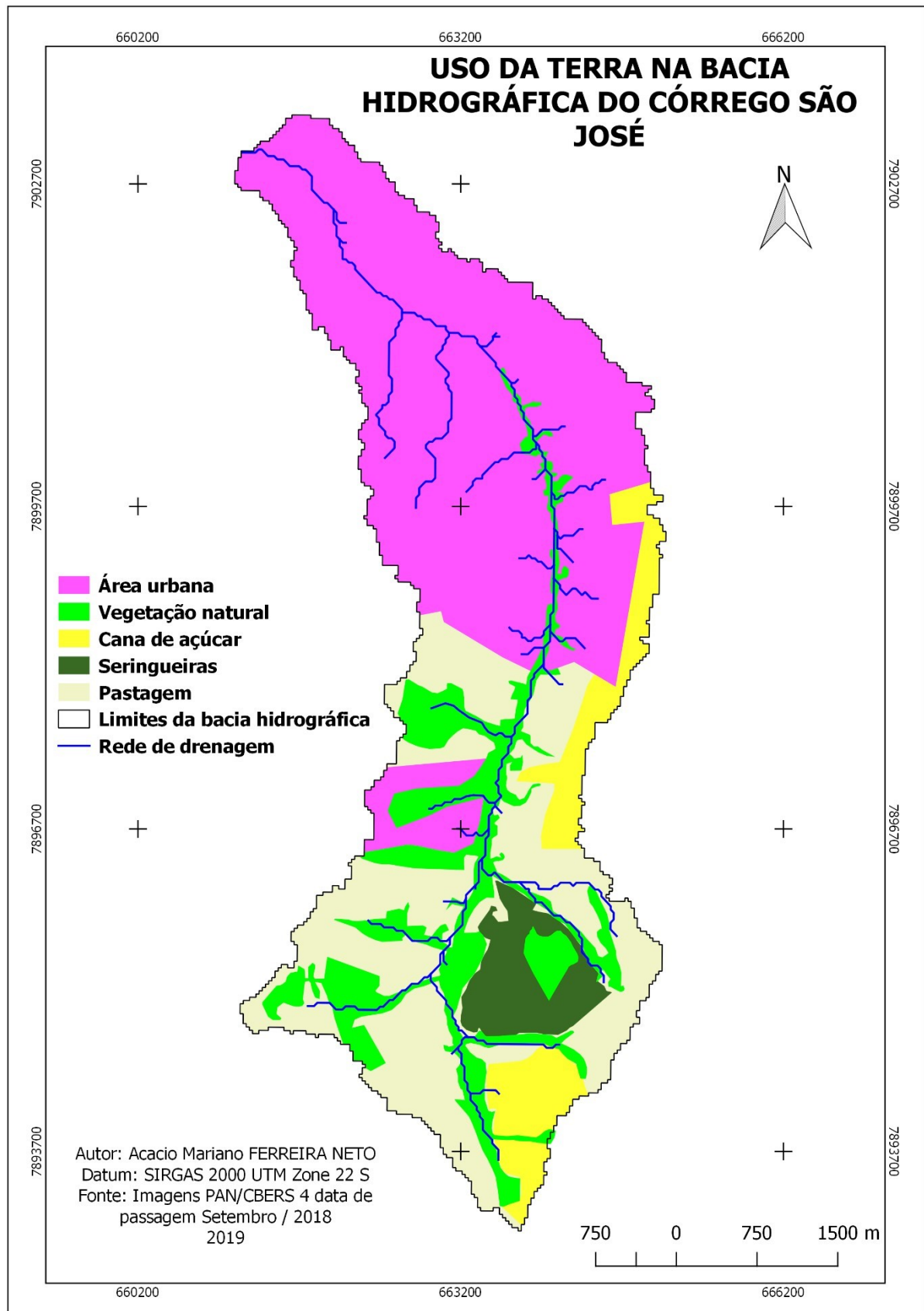
Fonte: Secretaria Municipal de Planejamento, Mapeamento feito pelo autor.

Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2019)

Para a elaboração da carta de fragilidade emergente, além de considerar os elementos físicos, foram acrescentados à equação também os dados de uso e ocupação da terra. O mapa de fragilidade emergente sintetiza e representa as áreas em que o tipo de ocupação da terra potencializa ou não a fragilidade natural do ambiente, face às condições do solo e declividade. (PERIÇATO; SOUZA, 2019)

Na área de estudo foram identificadas 5 classes de uso e ocupação da terra, sendo elas: vegetação remanescente; cultura de cana de açúcar; cultura de seringueiras; pastagem e área urbanizada (Tabela 8).

Mapa 13: Mapa de uso e ocupação da terra na Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: CBERS 4

Tabela 8: Classes de uso da terra na Bacia do Córrego São José

Classe	Área (ha)	Área relativa (%)
Área urbana	1.045,82	47,72
Cana	171,3	7,82
Seringueira	121,29	5,53
Pastagem	555,97	25,37
Vegetação remanescente	297,33	13,57
Total	2.191,71	100

Fonte: Classificação manual feita pelo autor.

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Os valores resultantes da equação $FE = (FP + UO) / 2$, foram reorganizados em 5 classes de fragilidade emergente, como proposto por Ross (1994): muito baixa, baixa, média, alta e muito alta (Tabela 9).

A espacialização dos resultados e organização das classes de fragilidade emergente podem ser observadas no Mapa 14.

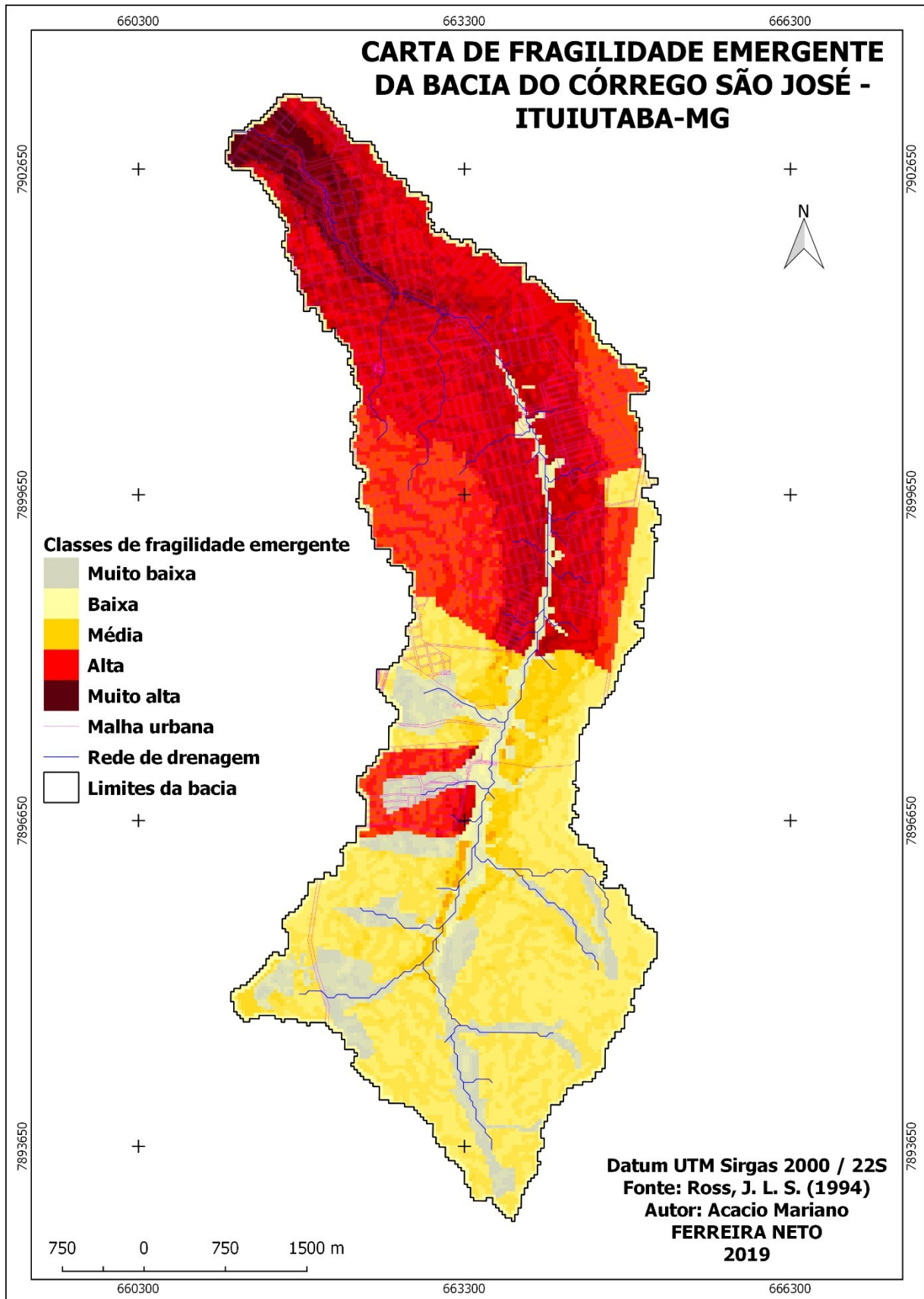
Tabela 9: Classes de fragilidade emergente na Bacia do Córrego São José

Classe	Área (%)
Muito baixa	13,5
Baixa	15,2
Média	17,95
Alta	39,2
Muito alta	14,15

Fonte: Ross (1994)

Org.: FERREIRA NETO, A. M. (2020)

Mapa 14: Fragilidade emergente da Bacia Hidrográfica do Córrego São José



Fonte: Ross (1994)

Autor: FERREIRA NETO, A. M. (2019)

Analizando as classes de fragilidade emergente representadas no Mapa 14, pode-se observar que, no geral, as áreas que apresentam as maiores taxas de fragilidade são os espaços urbanos, que se concentram no baixo e médio curso do córrego, tendo apenas uma pequena porção localizada no alto curso. Somadas, as classes de fragilidade alta e extremamente alta, representam mais da metade do total da bacia (53,35 %), o que pode representar um risco futuro à população desses locais. Essas áreas, além de estarem relacionadas ao ambiente antropizado instável, também sofrem influências das baixas elevações e do aspecto geomorfológico predominantemente ondulado.

Praticamente toda a área urbanizada da bacia está classificada como fragilidade alta. O fundo de vale, onde está localizada a Avenida José João Dib, principal foco de alagamentos da bacia, possui majoritariamente fragilidade extremamente alta.

O alto curso do córrego, no geral, possui fragilidade extremamente baixa, com exceção de uma pequena parte no oeste da bacia, onde se localiza o loteamento Nova Ituiutaba, um bairro residencial parcialmente habitado, que possui fragilidade média/alta. Por se tratar de um bairro do projeto Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, parte das residências ainda não foram entregues aos proprietários e a maior parte dos lotes ainda não estão impermeabilizados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Bacia do Córrego São José foi palco do princípio do processo de ocupação antrópica, do que, algum tempo mais tarde, se tornaria a cidade de Ituiutaba. Naquele local, nas primeiras décadas do século XIX, surgiu a primeira aglomeração de casas. A partir dali e ao longo do tempo, a ocupação do espaço se expandiu, descaracterizando o que antes era natural e alterando assim fatores diversos, como por exemplo a dinâmica hidrológica da bacia, o que, com o passar dos anos e com a evolução dessa ocupação, passou a causar transtornos à população.

A intensa impermeabilização do solo nas vertentes da bacia, ocorrida ao longo do tempo, diminuiu a infiltração de água em períodos chuvosos, direcionando, principalmente em ocasiões de intensa precipitação, um volume elevado de água até o talvegue, local onde se localiza a Avenida José João Dib. Nesses períodos de chuva intensa, é bastante comum a ocorrência de alagamentos em toda a extensão dessa avenida. Vale ressaltar que não são verificadas enchentes no local, pois não ocorre o transbordamento do leito do córrego canalizado.

Esta avenida constitui uma área bastante valorizada da cidade, devido à sua infraestrutura, facilidade no acesso aos serviços públicos, proximidade ao centro comercial, assim como à sua configuração, que favorece a prática de lazer e atividades físicas diversas. O trecho sul da Avenida José João Dib (anterior à rua 38A), assim como o seu trecho norte (após a rua 5), são os pontos em que a população é mais afetada pelos alagamentos. A explicação para este fato é a de que esses trechos foram os últimos a serem construídos. A retificação do córrego nesses locais, aconteceu no início da década de 2010 e final da década de 2000, respectivamente, portanto o processo de valorização imobiliária no local encontra-se defasado com relação ao trecho mais antigo da avenida, o que preserva a predominância de imóveis de baixo padrão construtivo, e por consequência, do ponto de vista estrutural, mais vulneráveis a esse tipo de adversidade.

O trecho sul, citado acima, possui ainda um agravante com relação aos demais, este trecho está localizado próximo à confluência da Avenida José João Dib com a Avenida Minas Gerais, outra avenida que enfrenta sérios problemas de cunho hidrológico, nesse caso, o grande volume de escoamento superficial concentrado. Esse escoamento superficial, devido à ineficiência do sistema de captação e drenagem pluvial da Avenida Minas Gerais, é direcionado diretamente para a Avenida José João Dib.

Verificou-se em visita a campo, que em ambas as avenidas, a distância máxima entre as bocas de lobo recomendada não é respeitada, com exceção de um pequeno trecho no final de uma das vias da Avenida Minas Gerais, porém, este pequeno trecho não é suficiente para conter o grande volume de escoamento superficial captado em toda a extensão da avenida, assim como das ruas adjacentes que também é direcionado para o local. Destaca-se que nessas ruas adjacentes não existem bocas de lobo nos quarteirões próximos à avenida.

Além do escoamento superficial proveniente da Avenida Minas Gerais, a Avenida José João Dib é receptora do volume de água captada por grande parte da área urbana do município, constatou-se nessa pesquisa que, aproximadamente 32% do total da área urbana de Ituiutaba pertence à Bacia do Córrego São José, portanto, considerando que esta parte da área urbana é altamente impermeabilizada, pode-se afirmar que grande parte de toda água recebida por esse quase 1/3 da cidade é direcionada para a avenida em questão.

No que se refere às características naturais da bacia, a análise de sua fragilidade potencial revelou uma baixa propensão a enchentes e inundações, somente no baixo curso, próximo à foz do Córrego São José, apresentou algumas áreas com fragilidade alta (10,3%) e extremamente alta (2,4%). No entanto, quando se passou a considerar o fator antrópico e foram inseridos à equação os dados de uso e ocupação da terra, determinou-se para a bacia a sua

fragilidade emergente, sendo constatado então que as áreas com fragilidade alta e muito alta, subiram para 39 e 9,8% respectivamente.

Esses resultados revelam que o principal responsável pelas enchentes na Avenida José João Dib, assim como os eventos de origem hidrológica ocorridos na bacia como um todo, é, assim como sugere a literatura, o fator antrópico. As alterações provenientes do processo de urbanização em bacias hidrográficas afetam não somente o ambiente visível, como também as dinâmicas naturais dessas bacias, os processos responsáveis por manter o seu funcionamento saudável são interrompidos quando, por exemplo, se substitui uma cobertura natural do solo por cidades, com altas taxas de impermeabilização ou mesmo quando se altera as características naturais de um curso d'água por meio de retificações, e essas interrupções trazem, além do prejuízo à natureza, sérios transtornos às populações residentes nesses locais, causando até mesmo fatalidades, em casos extremos.

A responsabilidade da ação antrópica apontada nesse caso é respaldada pela análise das características morfométricas da bacia, na qual, coeficientes e índices, tais como: coeficiente de compacidade, fator de forma, densidade de drenagem, densidade hidrográfica e coeficiente torrencialidade, confirmam a baixa propensão natural da bacia a enchentes e inundações, entretanto, no que se refere à hierarquia de drenagem, a classificação obtida para a Bacia do Córrego São José (3ª ordem), aponta uma moderada deficiência em sua drenagem, isso se dá pelo fato de seus cursos d'água terem uma ramificação pouco desenvolvida.

Avalia-se que os objetivos propostos para a realização dessa pesquisa foram alcançados pelos resultados obtidos, a metodologia aplicada mostrou-se eficiente, pois através dela foi possível concluir que na ausência de uma ocupação antrópica na Bacia do Córrego São José, sua propensão a enchentes seria muito baixa, o que impossibilitaria a ocorrência de inundações, e por consequência, não existiriam também alagamentos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Samuel Lacerda; DE OLIVEIRA FERREIRA, Vanderlei; SILVA, Mariana Mendes. **Elaboração de um mapa de risco de inundação da bacia hidrográfica do córrego São Pedro, área urbana de Uberlândia-MG**. Caderno de Geografia, v. 24, n. 41, p. 1-16, 2014. <https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2014v24n41p1>
- BARBOSA JUNIOR, A. R. Bacia hidrográfica. In: **HIDROLOGIA aplicada**. [2004]. Disponível em: Acesso em: 11 set. 2019.
- BLAIN, G. C.; KAYANO, Mary T.; CAMARGO, Marcelo P. de; LULU, Jorge. **Variabilidade Amostral de Séries Mensais de Precipitação Pluvial em duas Regiões do Brasil: Pelotas-RS e Campinas-SP**. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 24, n. 1, p. 1-11, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862009000100001>
- BLOCH, R; JHA, A. K; LAMOND, J. **Cidades e Inundações: um guia para a gestão integrada do risco de inundação urbana para o século XXI**. The World Bank, 2012.
- BUNGE, M. O método científico e sua aplicação. In: ____ **Epistemologia: curso de atualização**. São Paulo: T. EDUSP, 1980.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Manual de planejamento em defesa civil**. 1999. Disponível em: <<http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/DefesaCivil/manuais/ManualPLANEJAMENTO-1.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2018.
- CAMPANHARO, W. A. Diagnostico físico da bacia do rio Santa Maria do Doce-ES. 2010. 66 f. Monografia (Graduação) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.
- CAMPOS, Ricardo A.; STIPP, Nilza A. F. **Estudos Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas - Londrina - PR**. In: PINESE, José P. P.; ASARI, Alice Y.; BARROS, Miriam V.; YAMAKI, Humberto (Org.). **Geografia e Meio Ambiente: Estudos Teóricos e Metodológicos**. Londrina: Edições Humanidades, 2006, v. 1, p. 3- 30.
- CAMPOS, R. A. **Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina – Pr**. 2006. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Estadual de Londrina.
- CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B.; **Hidrologia** – Cap. 3: Bacia Hidrográfica. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf> Acessado em: 05 de novembro de 2019.
- CASTRO, A. W. S. **Clima Urbano: as precipitações pluviais em Rio Claro – SP**. 1995. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995
- CERQUEIRA, W. **UOL-Mundo educação**, 2010. População. Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/populacao.htm>> Acesso em: 02 mar. 2020.

CONTI, J. B. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINNI, J. A. (Org.). **Variabilidade e Mudanças Climáticas**. Maringá: Eduem, 2000. p. 17-28.

COSTA, R. A. Análise Biogeográfica do Parque Municipal do Goiabal em Ituiutaba – MG. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n.33, v.1 p.68-83, jan-jul, 2011

COSTA, R. A., MARTINS, F. P. Impactos e riscos ambientais urbanos em ItuiutabaMG. In: PORTUGUEZ, A. P., MOURA, G. G., COSTA, R. A. (Org.). **Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais**. Uberlândia: Assis, 2011. p. 355-378.

CHEREM, L. F. S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas – MG**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MPBB7KWLTH/1/cherem_dissertacao_modelagem.pdf. Acesso em: 02 mar. 2020.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2ª edição, 1980, 188p.

DE OLIVEIRA, A; FERREIRA, B. M; RIBEIRO, E. G. P. **Geotecnologias com apoio de índices morfométricos para a caracterização da bacia hidrográfica do rio peixe-boi, nordeste paraense**.

EGLER, C. A. G. **Risco ambiental como critério de gestão do território: Uma aplicação à zona costeira brasileira**. Revista Território, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 31-41, 1996.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

FLORENZANO, T. G. **Introdução à geomorfologia**. In: _____. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 11-30.

FONSECA, R. G.; SANTOS, J. C. Os recentes processos migratórios em Ituiutaba (MG) e a inserção das agroindústrias canavieiras. **Caderno Prudentino de Geografia**. Presidente Prudente, v. 1, n. 33, jan./jul. 2011. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/1934/1814>>. Acesso em: 22 mai 2018.

FRANCISCO, W. C. **O crescimento populacional no mundo**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-crescimento-populacional-no-mundo.htm>. Acesso em 10 de maio de 2020.

GERHEIM, DK de M.; **Alagamentos, Enxurradas. Inundações na Área Urbana de Juiz de Fora: Um Olhar Sobre as Bacias Hidrográficas dos Córregos São Pedro e Ipiranga**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

GONÇALVES, N. M. S. **Impactos Pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (Orgs.). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto, 2003. p. 69-92.

GROHMANN, C. H; NETO, C. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas à análise morfométrica**. 2004.

GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. In: José Fernando Coura. (Org.). *Geologia na Gestão do Município*. Minas Gerais: SINGEO MG, 2006, v. 1, p. 165-167.

HOGAN, D. J.; CUNHA, J. M. P. da; CARMO, R. L. do; OLIVEIRA, A. A. B. de. *Urbanização e Vulnerabilidade sócio-ambiental: O caso de Campinas*. In: HOGAN, D. J.; BAENINGER, R.; CUNHA, J. M. P. da; CARMO, R. L. do (Org.). **Migração e ambiente nas aglomerações urbanas**. Campinas: Nepo/Unicamp, 2001. p. 395-418.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades@**: Minas Gerais: Ituiutaba (MG) População estimada. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3134202>>. Acesso em: 30 mai 2018.

HORA, S. B. da; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 2, n. 21, p.57-75, ago. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v21n2/a05v21n2>>. Acesso em: 02 jun 2018. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132009000200005>

JAPIASSÚ, H.; MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2006.

KOBIYAMA, M et al. **Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos**. Curitiba: Organic Trading, 2006. 124 p. Disponível em: <[http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Livro \(Prevencao de Desastres Naturais\).pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/Livro%20(Prevencao%20de%20Desastres%20Naturais).pdf)>. Acesso em: 15 maio 2018.

LEPSCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCC, 1991. 175p

MAIA, D. C. **Impactos Pluviais na área urbana de Ribeirão Preto – SP**. 2007. 153 f. Tese (Doutorado em Geografia) – IGCE, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2007.

MENDES, P. C.; QUEIROS, A. T. de. Caracterização climática do município de Ituiutaba – MG. In: PORTUGUEZ, A. P., MOURA, G. G., COSTA, R. A. (Org.). **Geografia do Brasil Central: enfoques teóricos e particularidades regionais**. Uberlândia: Assis, 2011. p. 333-353.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termohigrometeorológico. In: MONTEIRO, C.

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; MENDONÇA, F. (ORGS). **clima urbano**. São Paulo: contexto, 2003. 192P.

FONSECA, R. G. **Risco Hidrológico: precipitações extremas, enchentes e alagamentos na cidade de Ituiutaba (MG)**. 2017. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Geografia, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017. CD-ROM.

PEDRO, L. C; NUNES, J. O. R. A relação entre processos morfodinâmicos e os desastres naturais:: uma leitura das áreas vulneráveis a inundações e alagamentos em Presidente Prudente-SP. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 2, n. 34, p.81-96, ago. 2012. Disponível em: <<http://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/viewFile/2035/1915>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PEREZ FILHO, A; MATTOS, S. H. V. L; ORSI, L. Monitoramento e gerenciamento de bacias urbanas associados a inundações:: diagnose da bacia do Ribeirão Quilombo na região metropolitana de Campinas utilizando geotecnologias. **Revista do Departamento de Geografia**, Campinas, v. 1, n. 19, p.44-54, nov. 2006. <https://doi.org/10.7154/RDG.2006.0019.0004>

POPPER, K. S. Introdução à lógica da ciência. In ____: **A lógica da pesquisa científica**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 1975.

COSTA, R. A; DE QUEIROZ, A. T. **Caracterização e variabilidade climática em séries de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação em Ituiutaba–MG**. Caminhos de Geografia, v. 13, n. 43, 2012. <https://doi.org/10.14393/RCG134319555>

RODRIGUES, T. A estratégia internacional de redução de desastres. **Territorium**, Coimbra, v. 1, n. 17, p.221-227, jan. 2010. Disponível em: <[https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/36112/1/A estratégia internacional de reducao de desastres.pdf?ln=pt-pt](https://digitalis-dsp.uc.pt/bitstream/10316.2/36112/1/A%20estrategia%20internacional%20de%20reducao%20de%20desastres.pdf?ln=pt-pt)>. Acesso em: 02 jun. 2019. https://doi.org/10.14195/1647-7723_17_23

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 63-74, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

SANTOS, A. M. et al. **Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.945>

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista UNIARA**, n. 20, p. 137-157, 2007 <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

SANTOS, J. G. **Variabilidade pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba-MG**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2013. <https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v12i1.15791>

SANTOS, L.; BACCARO, C. A. D. Caracterização geomorfológica da bacia do Rio Tijuco. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 5, n. 11, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15321/8620>>. Acesso em 24 mai 2018. <https://doi.org/10.14393/RCG51115321>

CHRÖDER, R. Distribuição e curso anual das precipitações no estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 15, n. 18, p. 193-250. ago. 1956. Disponível em: <http://www.scielo.br/readcube/epdf.php?doi=10.1590/S0006-87051956000100018&pid=S000687051956000100018&pdf_path=brag/v15nunico/18.pdf&lang=pt>. Acesso em 28 mai 2019. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051956000100018>

SOUZA, M. B. de; MARIANO, Z. de F. Geografia Física e a Questão Ambiental no Brasil. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, n.23, p. 77-98. 2008. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2008.74082>

THOURET, J-C. **Avaliação, prevenção e gestão dos riscos naturais nas cidades da América Latina**. In: VEYRET, Y. (Org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. São Paulo: Contexto, 2007. p. 83-112.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - MG**. Revista Árvore, Viçosa, MG, v. 30, n. 5, 2006 <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>

TRAJANO, SRR da S. et al. **Análise Morfométrica de Bacia Hidrográfica: Subsídio à Gestão Territorial Estudo de Caso no Alto e Médio Mamanguape**. Embrapa Gestão Territorial-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTEC), 2012.

TUCCI, C. E. M. **Coefficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas**. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 5, n. 1, p. 61- 68, 2000. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v5n3.p21-29>

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS),2001.

TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. da. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH, 2009.

ZAMPARONI, C. A. Mudanças Climáticas, Riscos e Desastres Naturais em Ambientes Urbanos. In: SEABRA, G. F. (Org.). **Educação Ambiental no Mundo Globalizado: Uma ecologia de riscos, desafios e resistências**. João Pessoa: EdUFPB, 2011. p. 159-170.

ZANELLA, M. E. **Inundações urbanas em Curitiba/PR**: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru. 2006. 256 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ZAVATTINI, J. F.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica**: teoria e prática de pesquisa. Campinas: Editora Alínea, 2013. 150 p.

ZÊZERE, J. L.; RAMOS, C.; REIS, E.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, S. Perigos naturais, tecnológicos e ambientais na Região do Oeste e Vale do Tejo. **Inforgéo** (Riscos e Ambiente), Lisboa, p. 37-49, 2007/2008.

ANEXO 1: CHUVAS A PARTIR DE 30MM / 24 H ENTRE 1989 E 2018

Data	mm	Data	mm	Data	mm	Data	mm
03/01/1989	36,9	17/05/1995	45,6	05/06/2003	32,2	01/12/2012	48
11/02/1989	37	17/05/1995	45,6	06/11/2003	66,1	03/12/2012	35
12/02/1989	50	18/11/1995	31,2	26/11/2003	96	14/12/2012	62
14/03/1989	68,2	04/01/1996	44,5	07/12/2003	32	17/12/2012	35
13/04/1989	63	04/01/1996	44,5	08/12/2003	36	31/12/2012	30
15/04/1989	41,2	11/01/1996	44,6	09/12/2003	44	11/01/2013	35
29/10/1989	48	11/01/1996	44,6	09/12/2003	44	26/01/2013	90
03/11/1989	48	07/02/1996	50	10/12/2003	34	01/02/2013	52
04/11/1989	49	08/03/1996	35,8	26/01/2004	47	08/02/2013	49
24/11/1989	30	18/03/1996	35,6	26/01/2004	47	08/02/2013	49
09/12/1989	60,4	21/11/1996	46,2	27/01/2004	34,6	01/03/2013	72
11/12/1989	34	21/11/1996	46,2	04/03/2004	36,5	30/03/2013	35
12/12/1989	52,8	22/11/1996	34,2	15/04/2004	85,6	31/03/2013	38
13/12/1989	74,8	02/01/1997	37,8	11/07/2004	32,8	06/04/2013	70
14/12/1989	30	03/01/1997	44,2	15/10/2004	44,1	15/04/2013	80
15/12/1989	34,2	03/01/1997	44,2	15/10/2004	44,1	05/11/2013	34,7
31/12/1989	48,2	21/01/1997	35,2	22/10/2004	35,6	18/11/2013	50
03/01/1990	30	23/01/1997	53,2	15/11/2004	45,3	24/12/2013	60,4
04/01/1990	32	26/01/1997	57,2	15/11/2004	45,3	28/12/2013	32,8
05/01/1990	30	31/03/1997	32,4	19/12/2004	70,6	29/12/2013	38,6
06/01/1990	30	17/04/1997	36,2	22/12/2004	34,4	30/12/2013	45,5
13/02/1990	47,2	06/06/1997	44,6	25/12/2004	31	30/12/2013	45,5
13/02/1990	47,2	06/06/1997	44,6	27/12/2004	30	31/12/2013	46,7
28/02/1990	65,2	16/06/1997	54,2	03/01/2005	35	31/12/2013	46,7
17/03/1990	30,6	25/09/1997	37,2	14/01/2005	34	17/01/2014	66,3
25/03/1990	60,4	30/09/1997	57,4	16/03/2005	32,3	17/02/2014	70,2
18/04/1990	33,4	12/11/1997	38,4	20/03/2005	33,9	27/02/2014	30,1
01/09/1990	53	15/11/1997	45,4	04/12/2005	59,3	27/03/2014	30,2
06/11/1990	46	15/11/1997	45,4	05/12/2005	30,8	06/02/2015	70
06/11/1990	46	20/11/1997	31,6	06/12/2005	36,7	18/02/2015	30
13/11/1990	34,3	29/11/1997	58,2	08/12/2005	52,1	20/03/2015	50
28/11/1990	30,3	02/12/1997	61,2	02/01/2006	55,1	06/04/2015	50
12/01/1991	30,8	09/12/1997	54,2	05/01/2006	39,1	05/05/2015	61,5
14/01/1991	52,1	15/12/1997	32,4	03/02/2006	37,9	06/05/2015	30
16/01/1991	102	27/12/1997	31,4	14/03/2006	32,2	10/05/2015	70
03/02/1991	69	09/01/1998	38,6	26/03/2006	30,2	24/11/2015	70
15/02/1991	60,1	10/01/1998	68,2	16/10/2006	37,4	08/12/2015	30,6
18/02/1991	68,3	14/01/1998	38,2	13/12/2006	49,7	28/12/2015	50
05/03/1991	50,2	09/02/1998	49,6	31/12/2006	32,2	17/01/2016	50
21/03/1991	48,6	21/02/1998	31,4	06/01/2007	37,1	17/02/2016	30
21/03/1991	48,6	22/02/1998	34,6	15/01/2007	39,3	29/02/2016	90
25/03/1991	90,6	03/03/1998	32,8	31/01/2007	37,2	10/03/2016	30
29/03/1991	32,1	18/03/1998	54,2	12/02/2007	39,4	11/03/2016	30

Data	mm	Data	mm	Data	mm	Data	mm
31/03/1991	35,6	19/03/1998	97,6	19/03/2007	63	20/10/2016	30
12/11/1991	38,8	02/04/1998	36,2	19/10/2007	30,4	12/11/2016	30
07/12/1991	30	30/05/1998	32,2	24/10/2007	32,2	14/11/2016	60,6
21/01/1992	62,5	10/08/1998	37,2	10/11/2007	39,3	17/11/2016	64
07/02/1992	48,3	08/10/1998	36,2	15/11/2007	34	21/11/2016	58
07/02/1992	48,3	16/10/1998	99,8	17/11/2007	49,2	04/12/2016	30
02/03/1992	32,1	31/10/1998	31,4	18/11/2007	33	05/12/2016	91
12/04/1992	72	04/01/1999	47,2	11/12/2007	32	06/12/2016	30
27/12/1992	35,4	04/01/1999	47,2	19/12/2007	62,1	11/12/2016	82
04/02/1993	37,4	24/01/1999	32,2	13/01/2008	39,2	14/12/2016	49
07/02/1993	31,4	28/01/1999	36,2	21/01/2008	33,2	14/12/2016	49
12/02/1993	43,6	29/01/1999	46,2	22/01/2008	47,9	16/12/2016	48,7
12/02/1993	43,6	29/01/1999	46,2	22/01/2008	47,9	16/12/2016	48,7
16/02/1993	43,8	26/02/1999	91,2	25/01/2008	39,4	11/01/2017	30
16/02/1993	43,8	10/09/1999	30	26/01/2008	33	17/01/2017	37
20/02/1993	31,2	13/11/1999	31,6	02/02/2008	51	27/01/2017	33,6
02/03/1993	32,2	08/12/1999	46,4	17/04/2008	33,5	27/01/2017	33,6
09/04/1993	32,8	08/12/1999	46,4	03/10/2008	39,2	26/02/2017	42,5
31/05/1993	34,2	09/12/1999	37,2	29/10/2008	33,2	26/02/2017	42,5
05/06/1993	31,4	03/01/2000	109	15/12/2008	53,9	27/02/2017	80
16/08/1993	33,5	27/01/2000	38,6	16/01/2009	35,1	27/02/2017	80
15/09/1993	35,2	03/02/2000	46,8	23/01/2009	39	20/04/2017	60
24/09/1993	32,4	03/02/2000	46,8	27/01/2009	49,4	26/04/2017	52,6
04/10/1993	32,6	11/02/2000	34,6	31/01/2009	49,4	26/04/2017	52,6
26/10/1993	32,6	13/02/2000	34,2	16/02/2009	39,1	21/11/2017	48,1
10/11/1993	52,4	29/02/2000	78,6	24/02/2009	37	22/11/2017	66,4
25/11/1993	31,2	19/04/2000	52,1	06/12/2009	49,3	26/11/2017	33,1
20/03/1994	65,7	14/11/2000	74,4	27/01/2010	32	03/12/2017	31,2
01/04/1994	63,7	19/11/2000	38,2	04/03/2011	34,9	05/12/2017	69,1
21/10/1994	54,4	23/11/2000	81,2	20/03/2011	36,3	07/12/2017	75,2
20/11/1994	65,1	03/01/2001	60	06/10/2011	33,5	22/12/2017	37,8
03/12/1994	51,2	22/01/2001	30	07/11/2011	36,6	01/01/2018	90,3
20/12/1994	48,1	02/03/2001	108	14/11/2011	33	08/01/2018	98
20/12/1994	48,1	07/03/2001	51,4	15/11/2011	31,5	09/01/2018	37,1
22/12/1994	50	27/05/2001	61	22/11/2011	58,9	02/02/2018	50,3
23/12/1994	43,8	01/10/2001	53,6	27/12/2011	44,9	06/02/2018	30,5
23/12/1994	43,8	17/12/2001	35,4	27/12/2011	44,9	16/04/2018	47,7
01/01/1995	46,1	27/12/2001	32,2	01/01/2012	46,1	21/09/2018	38,2
01/01/1995	46,1	15/01/2002	61,2	01/01/2012	46,1	21/10/2018	38,2
07/01/1995	49,5	29/01/2002	33,6	07/01/2012	34,3	08/11/2018	32
26/01/1995	50,9	07/02/2002	55,2	09/01/2012	57,5	12/11/2018	52
31/01/1995	57,7	19/02/2002	75,4	10/01/2012	34,5	15/11/2018	37
01/02/1995	71,8	21/02/2002	54,4	23/01/2012	30	20/11/2018	61
04/02/1995	56	24/03/2002	38,8	11/02/2012	78,4	27/11/2018	32

08/02/1995	65,8	31/10/2002	60,4	23/02/2012	83	29/11/2018	46
------------	------	------------	------	------------	----	------------	----

Data	mm	Data	<u>mm</u>	Data	mm	Data	<u>mm</u>
13/02/1995	34,2	11/12/2002	72,6	05/03/2012	35	30/11/2018	51
18/02/1995	55,2	04/01/2003	51,7	12/03/2012	32		
07/03/1995	32,1	06/01/2003	35,4	23/03/2012	34		
01/04/1995	49,6	17/02/2003	36,7	25/09/2012	31		
20/04/1995	37,4	10/03/2003	31	24/10/2012	39		
07/05/1995	34,4	26/03/2003	51	01/12/2012	48		

ANEXO 2 – TEMPERATURA MÉDIA DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO OCEANO PACÍFICO TROPICAL E INDICAÇÃO DE OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS EL NIÑO E LA NIÑA (1987-2016)

Nota: períodos quentes correspondentes ao *El Niño* indicados na cor vermelha e períodos frios de *La Niña* representados na cor azul, quando a oscilação da temperatura ultrapassa o limiar de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

ANO	Trimestre											
	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1987	1,2	1,2	1,1	0,9	1,0	1,2	1,5	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1
1988	0,8	0,5	0,1	-0,3	-0,9	-1,3	-1,3	-1,1	-1,2	-1,5	-1,8	-1,8
1989	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1
1990	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	1,2	1,5
1992	1,7	1,6	1,5	1,3	1,1	0,7	0,4	0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1
1993	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,0	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1
1995	1,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,0	-0,2	-0,5	-0,8	-1,0	-1,0	-1,0
1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,3	0,8	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3	2,4	2,4
1998	2,2	1,9	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,5	-1,6
1999	-1,5	-1,3	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
2000	-1,7	-1,4	-1,1	-0,8	-0,7	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7
2001	-0,7	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3
2002	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0,0	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
2004	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,3	-0,6	-0,8
2006	-0,8	-0,7	-0,5	-0,3	0,0	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,9
2007	0,7	0,3	0,0	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,8	-1,1	-1,4	-1,5	-1,6
2008	-1,6	-1,4	-1,2	-0,9	-0,8	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7
2009	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6

2010	1,5	1,3	0,9	0,4	-0,1	-0,6	-1,0	-1,4	-1,6	-1,7	-1,7	-1,6
2011	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1,0
2012	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	-0,2
2013	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3
2014	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7
2015	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,5	2,6

2016	2,5	2,2	1,7	1,0	0,5	0,0	-0,3	-0,6	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6
-------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----	------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

Adaptado de: National Weather Service (NWS), 2017 / Fonseca (2017)

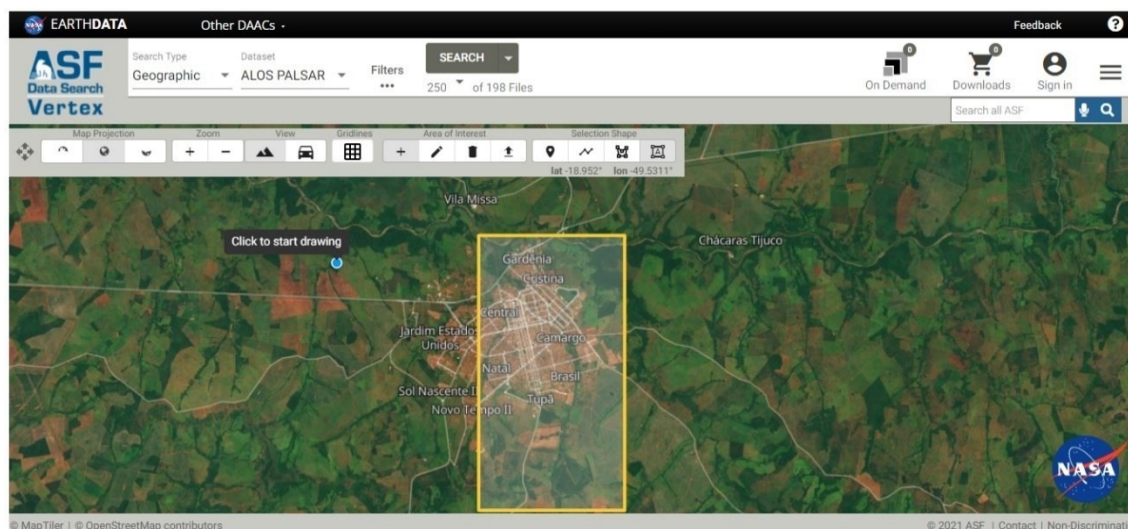
ANEXO 3: PASSO A PASSO PARA A DELIMITAÇÃO DE BACIAS IDROGRÁFICAS POR MEIO DO *SOFTWARE* TAUDEM INSTALADO E HABILITADO NO QGIS

Baixando o MDE Alos Palsar

O MDE (Modelo Digital de Elevação) Alos, do sensor Palsar, possui resolução espacial de 12,5 metros, é ideal para o uso no mapeamento digital do solo. O produto pode ser utilizado no estudo de elevação do terreno (hipsometria), na elaboração de cartas de declividade, na extração de curvas de nível e em várias outras áreas, podendo ser no campo profissional ou acadêmico.

O download do MDE pode ser feito através da plataforma Alaska (<https://search.asf.alaska.edu/#/?flig...>).

No campo “*Search Type*”, selecione a opção “*Geographic*” e indique o sensor Alos Palsar no campo “*Dataset*”. Usando o botão esquerdo e o *scroll* do mouse, dê um zoom na tela até a sua área de interesse, em seguida clique nos três pontinhos abaixo de “*Filters*” e faça um retângulo em volta do local desejado.



Nos campos “*Start Date*” e “*End Date*” selecione as datas 05/16/2006 e 04/21/2011, consecutivamente, essas datas se referem ao período de tempo no qual o satélite Alos esteve em atividade. Em seguida preencha os campos “*Addictional Filters*” como na imagem a seguir:

Search Filters

Date Filters ⓘ

Start Date
 5/16/2006

End Date
 4/21/2011

☐ Seasonal Search

Additional Filters ⓘ

File Type	Beam Mode	Polarization	Direction
Hi-Res Terrain Correc...	FBS	HH	Ascending
1/7 file types selected	1/6 beam modes selected	1/9 polarizations selected	1/2 flight directions selected

Subtype
 No subtypes to select

Ao clicar em “*Search*”, a busca é concluída e os resultados são apresentados. Selecione a cena desejada na janela da esquerda, considerando a data de interesse na pesquisa e em seguida clique sobre a imagem. A cena escolhida, juntamente com seus dados, aparecerá na janela do lado direito da tela, por fim clique no ícone destacado na figura abaixo e conclua o download.

The screenshot shows the ASF Data Search Vertex interface. The top navigation bar includes the ASF logo, search type (Geographic), dataset (ALOS PALSAR), filters (250 of 8 Files), and a search button. The search results list shows 8 scenes, with the first scene selected. The scene detail view on the right shows a thumbnail image of the terrain. Below the image, there are buttons for 'Baseline', 'SBAS', and 'More Like This'. A red arrow points to a download icon (a cloud with a downward arrow) located at the bottom right of the scene detail view.

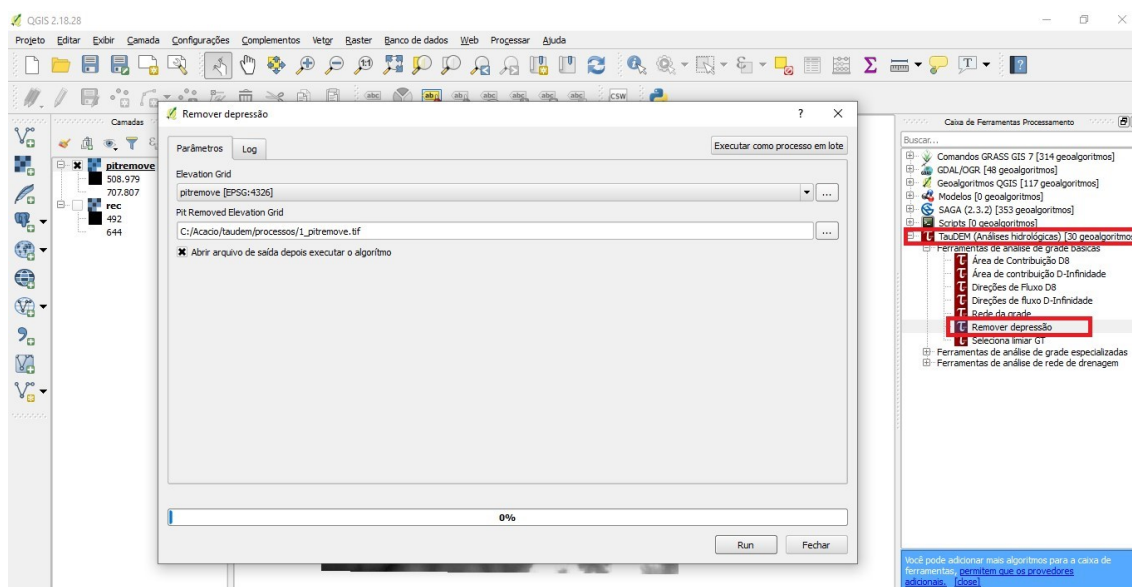
Caso ainda não possua registro na plataforma Alaska, clique no botão “Register” e faça o cadastro preenchendo com os seus dados.

Delimitando a bacia hidrográfica

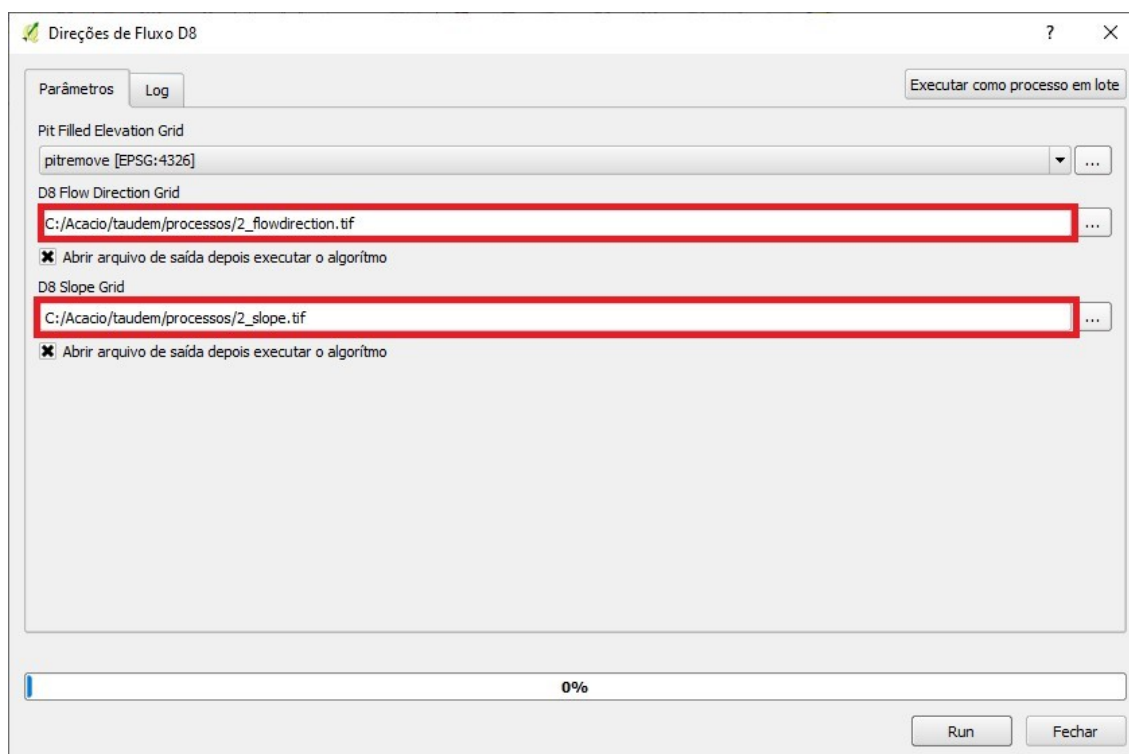
O processo de delimitação da bacia hidrográfica será feito no *software* TauDEM, instalado e funcionando em ambiente QGIS 2.18.28.

Carregue o seu MDE no QGIS e se preferir faça um recorte em formato de retângulo, aproximando a imagem à área da bacia, através da ferramenta “Recortar raster pela extensão...” no menu “Raster”. Fazendo isso você encurtará o tempo de processamento dos algoritmos realizados pelo *software*.

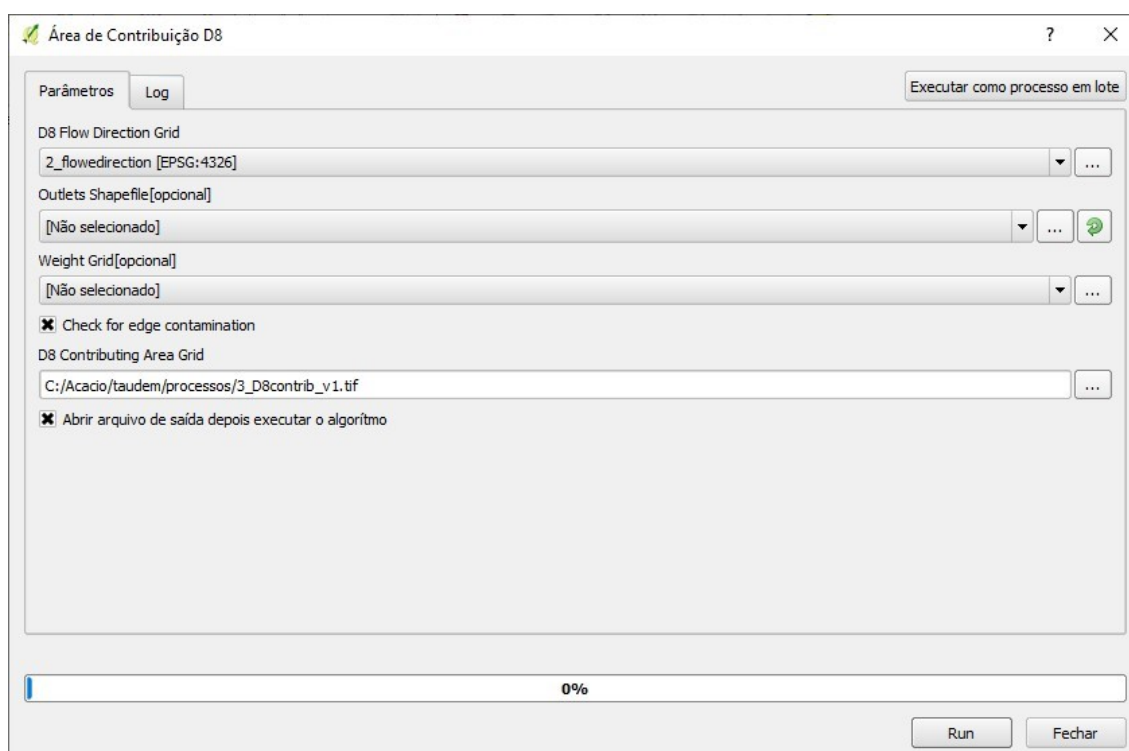
Considerando que o TauDEM já esteja instalado e habilitado no QGIS, é preciso selecionar o menu “Processar” e clicar em “Caixa de ferramentas”. Na caixa de ferramentas, que abrirá no canto direito da tela do QGIS, abra TauDEM clicando no símbolo “+” ao seu lado, em seguida “Ferramentas de análise de grades básicas” e depois em “Remover depressão”. Na janela que abrirá, selecione o MDE no campo “*Elevation Grid*”, e salve em um arquivo com o nome “1_pitremove”, selecionando o caminho até a pasta desejada, no campo “*Pit Removed Elevation Grid*”. E clique em “Run”.



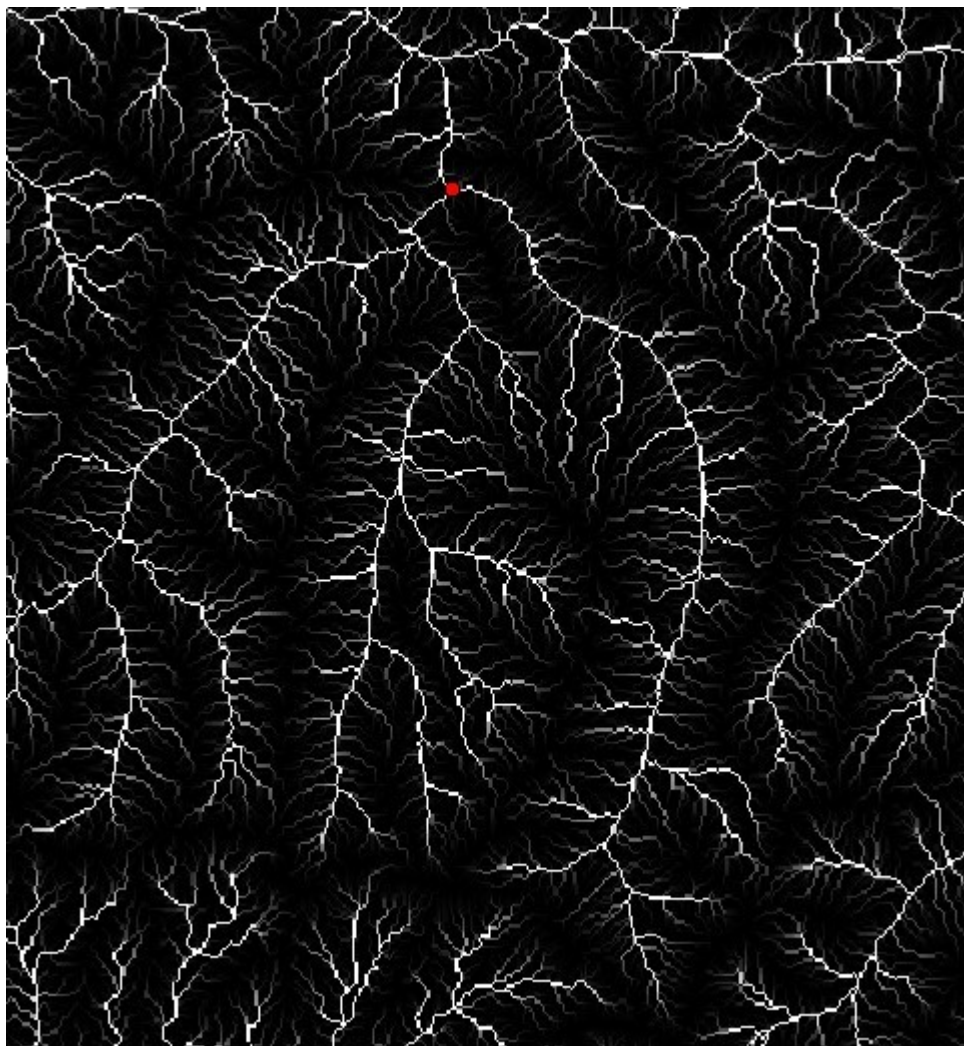
O segundo processo a ser executado é o “Direções de Fluxo D8”. Clique sobre o algoritmo e entre com o arquivo “1_pitremove”. No campo de saída “*D8 Flow Direction Grid*” selecione o caminho da pasta e salve com o nome “2_flowdirection” e com o nome “2_slope” no campo “*D8 Slope Grid*”.



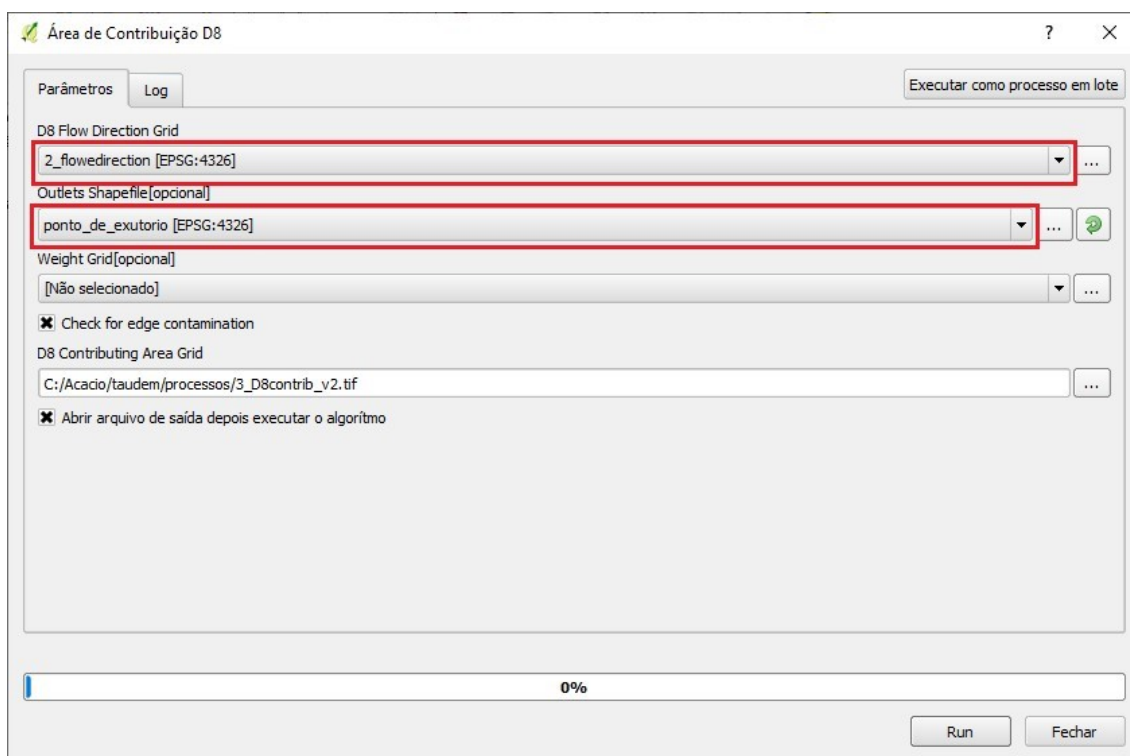
Em seguida, execute o processo “Área de Contribuição D8”, entrando com o arquivo “2_flowdirection” e nomeando o campo “D8 Contributing Area Grid” como “3_D8contrib_v1”, depois de selecionar o caminho da pasta em que deseja salvar o arquivo. Mantenha habilitado a caixinha “Check for edge contamination” e em seguida clique em “Run” para executar o processo.



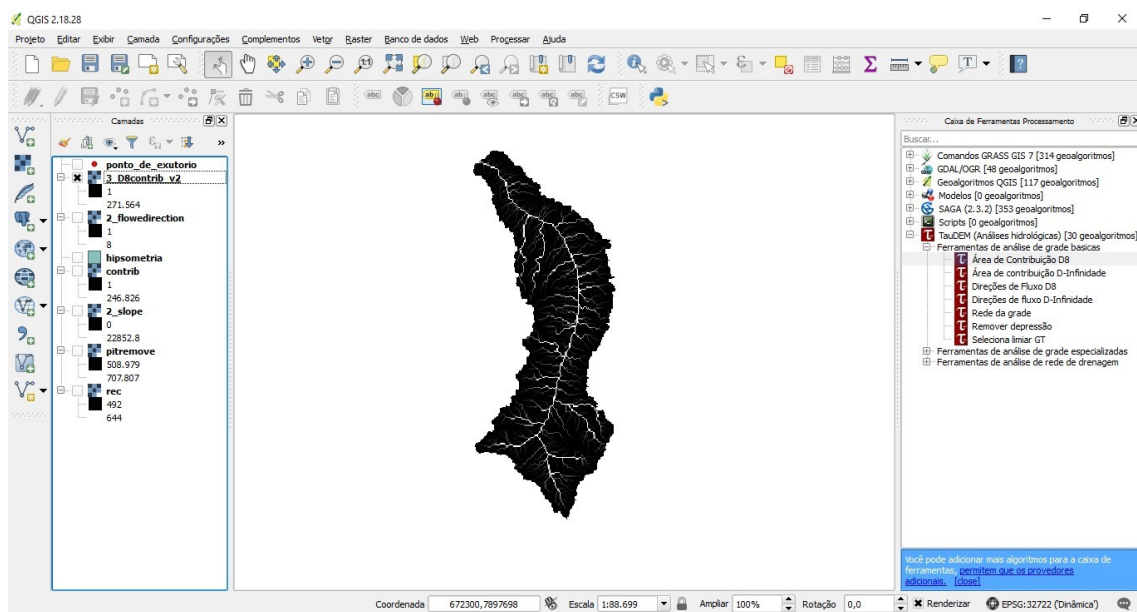
O próximo passo é criar um arquivo *shapefile* com o ponto exutório da bacia hidrográfica em questão, para isso é necessário que se localize, com base no raster “3_D8contrib_v1”, a foz do rio principal da bacia, assim como no exemplo a seguir:



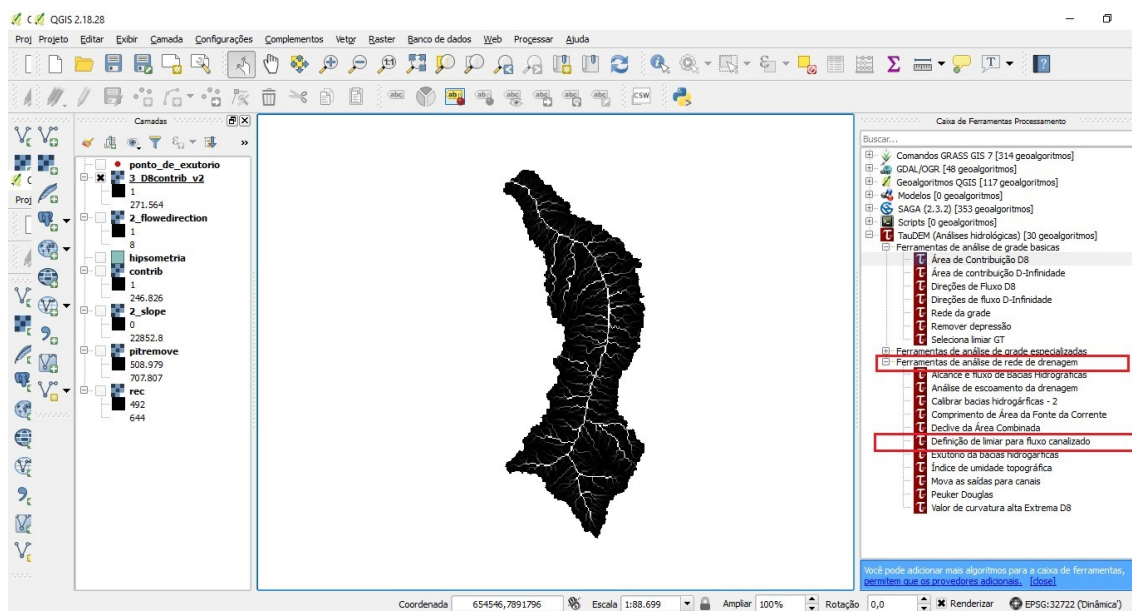
É preciso novamente o algoritmo “Área de Contribuição D8”, entrando mais uma vez com o arquivo “2_flowdirection”, porém no campo “*Outlets Shapefile*” é selecionado o ponto exutório que foi criado e nomeado como “3_D8contrib_v2”.



O resultado será basicamente o mesmo que da primeira vez, porém com os limites da bacia hidrográfica recortados.

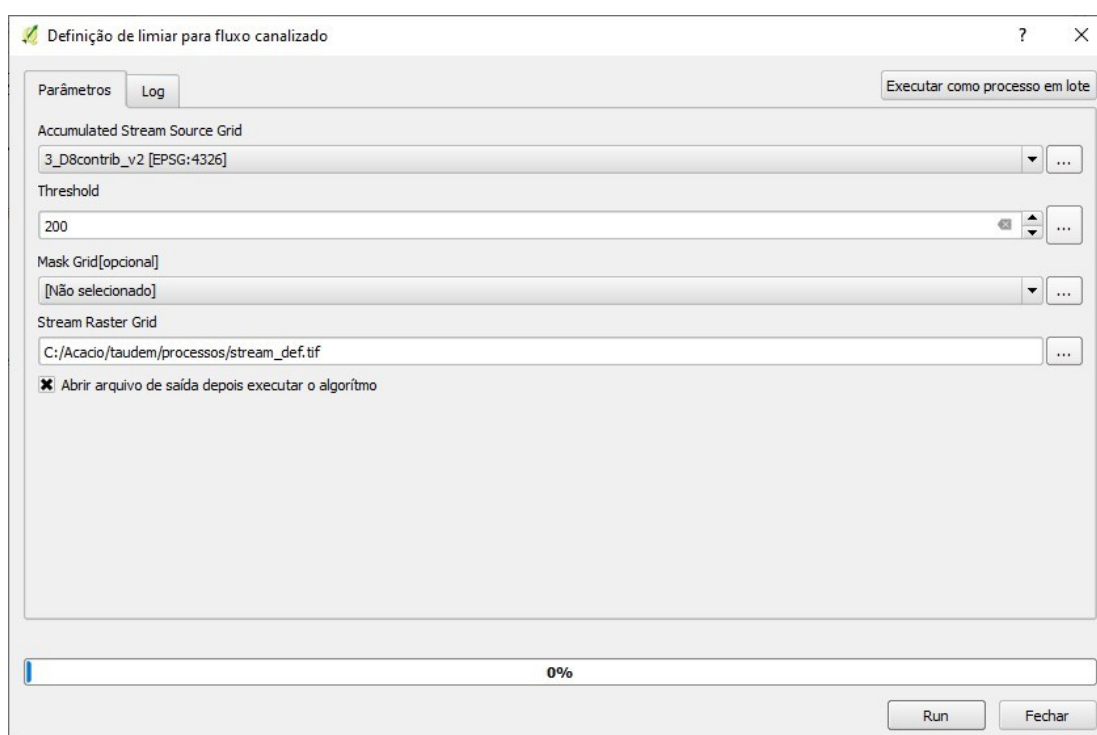


Para melhorar o resultado da definição da rede de drenagem, aplica-se o algoritmo “Definição de limiar para fluxo canalizado”, no menu “Ferramentas de análise de rede de drenagem” do TauDEM.



Entre com o raster “3_D8contrib_v2”. No campo “*Threshold*” e escolha limiar de definição dos cursos d’água da bacia, a depender da complexidade da rede de drenagem. Use valores mais baixos para redes complexas (50, 100, etc.) e valores mais altos para menos complexas, como no exemplo a seguir, onde foi usado o valor 200, visto que a bacia é de porte pequeno e possui uma rede de drenagem relativamente simples.

Em “*Stream Raster Grid*” localize a pasta desejada e salve o novo arquivo com o nome “stream_def”, e em seguida execute o processo clicando em “*Run*”.



Por fim, é preciso gerar o arquivo *shapefile* com os limites da bacia. Para isso, ainda no menu “Ferramentas de análise de rede de drenagem”, clique em “Alcance e fluxo de bacias hidrográficas”.

Para executar esse algoritmo é necessário entrar com os rasters: “01_pitremove”, “02_flowdirection”, “3_D8contrib_v2” e “stream_def”. Nos campos “*Watershed Grid*” e “*Stream Reac Shapefile*”, selecione o caminho para a pasta e salve os novos arquivos como “limites_bacia” e “rede_drenagem” respectivamente. Clicando em “Run” você terá como resultado, finalmente, os arquivos vetoriais dos limites da bacia e da rede de drenagem da sua área de interesse.

