

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS

VIRGINIA AMARALINDA CALABREZ MARTINS

DOS CONDICIONANTES NATURAIS À CONSTRUÇÃO SOCIAL DA
VULNERABILIDADE: AS INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA DO CÓRREGO
HUMAITÁ, JUIZ DE FORA, MG, BRASIL

JUIZ DE FORA

2022

VIRGINIA AMARALINDA CALABREZ MARTINS

DOS CONDICIONANTES NATURAIS À CONSTRUÇÃO SOCIAL DA
VULNERABILIDADE: AS INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA DO CÓRREGO
HUMAITÁ, JUIZ DE FORA, MG, BRASIL

Orientador: Miguel Fernandes Felipe

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção do título de mestre em Geografia na linha de pesquisa Planejamento e Gestão Espacial e Ambiental.

JUIZ DE FORA

2022

VIRGINIA AMARALINDA CALABREZ MARTINS

DOS CONDICIONANTES NATURAIS À CONSTRUÇÃO SOCIAL DA
VULNERABILIDADE: AS INUNDAÇÕES URBANAS NA BACIA DO CÓRREGO
HUMAITÁ, JUIZ DE FORA, MG, BRASIL

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito para obtenção do título de mestre em Geografia na linha de pesquisa Planejamento e Gestão Espacial e Ambiental.

Aprovada em 26 de setembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Dr. Miguel Fernandes Felipe – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Wagner Barbosa Batella
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr^a. Mônica dos Santos Marçal
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Calabrez Martins, Virginia Amaralinda .
Dos Condicionantes Naturais à Construção Social da Vulnerabilidade: : as inundações na bacia do córrego Humaitá, Juiz de Fora, MG, Brasil. / Virginia Amaralinda Calabrez Martins. -- 2022. 191 f.

Orientador: Miguel Fernandes Felipe
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2022.

1. Inundação urbana. 2. Suscetibilidade. 3. Vulnerabilidade social.
I. Fernandes Felipe, Miguel, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao povo brasileiro por me conceder a oportunidade de ter uma educação pública e de qualidade. Em toda minha vida acadêmica, passei por quatro universidades com ensino de excelência e que me deram diversas oportunidades de conhecimento e de também contribuir com a ciência. Desejo que meu país volte a olhar para a educação com investimentos na pesquisa, ensino e extensão que nos é tão valioso. E que a universidade volte a possibilitar a permanência daqueles que possuem no estudo um futuro melhor para si e para família. Que meu filho possa vivenciar as universidades que tive: com cultura, ciência e luta.

Por isso, caminho com minha pesquisa para que eu possa retribuir a toda sociedade brasileira do que me foi ensinado em todos esses anos e, nessa trajetória tive muitas pessoas me auxiliando e contribuindo para chegar até aqui. Assim, agradeço;

Meus pais, Edna e João, que me ensinaram a lutar, a realizar meus sonhos e acreditar nos estudos. Me orgulho de ser filha de vocês, que vão em busca do melhor para nosso povo todos os dias, que batalham por um mundo mais justo e igualitário. Vocês me inspiram e, com certeza, sem o amor de vocês eu não me tornaria quem eu sou hoje.

Jonnas, meu grande amor e companheiro, que mergulha em todos os meus sonhos, que me dá base e segura diversas ondas para que eu possa conquistar meus objetivos. É incrível construir toda uma vida ao seu lado e agora uma família com nosso pequeno Raulzito. Obrigada por todo seu incentivo, toda sua alegria e todo seu amor. Dedico este trabalho ao Raul que chegou para transformar minha vida e mostrar que tudo tem seu tempo.

Agradeço todo o amor, carinho, abraços e beijos das minhas amigas Gabi, Luísa e Janine. Não há nada melhor do que ter amigas que te fazem sorrir mesmo nos momentos de angústias.

Ao Miguel, meu orientador, que me recebeu de braços abertos e me apresentou uma geografia que eu tanto precisava: de luta e de justiça social. Agradeço aos debates, aos diálogos, à toda paciência em me ensinar até o óbvio e, principalmente, por não soltar a minha mão, mesmo nos momentos que eu mesma sei que dava vontade de soltar (vulgo nas horas dos surtos). E por fim, agradeço o presente (literalmente) que você me deu, me apresentando sua companheira: Bruna. Mulher que me inspira como cientista, pesquisadora e mãe.

Obrigada Bruna, por me apoiar nessa caminhada do materno e me mostrar um caminho lindo de ser mãe.

Agradeço aos professores e colegas do mestrado que me ensinaram tanto, em especial a Vanely, obrigada pelas suas palavras, um tanto de choque de realidade. Você é uma mulher incrível e admiro demais sua inteligência e o seu viver.

Aos meus amigos do TERRA que me acolherem tão bem em meu curto período em Juiz de Fora: André, Domi, Lídia (*in memoriam*), Bebel e Guilherme, que me ajudou tanto na geração dos meus dados. André, meu amigo querido, obrigada pelas risadas, pela energia de ser um jovem/velho e por permanecer. Falando em permanecer, agradeço também, imensamente a Carol Campos, que me apoia e me inspira nessa jornada de ser pesquisadora mãe (ou mãe pesquisadora). Te admiro na sua inteligência, no seu carinho e na sua força.

A pandemia causada pelo novo coronavírus nos levou muitas coisas: amigos, familiares, expectativas e momentos. Mas também nos proporcionou a aproximação de diversas pessoas, mesmo que no mundo online. E, para mim, uma dessas pessoas foi a Mirella. Mi, obrigada pelas dicas, pelas palavras, pelas correções, pelas fofocas e pelas risadas. Você torna meu dia sempre mais leve e mais calmo.

Agradeço aos membros dessa banca Wagner e Mônica por todas as contribuições desde o início dessa pesquisa e, também, todo o entusiasmo que vocês me passaram para continuar nesse caminho e conseguir meu tão desejado título de mestre.

À Carla Salgado, que serei eternamente grata por me inserir no mundo da pesquisa e por me ajudar a construir o projeto que culminou nessa pesquisa. Agradeço também por sempre acreditar em mim, isso faz muita diferença dentro da academia.

E por fim, agradeço a Universidade Federal de Juiz de Fora pela concessão da bolsa de mestrado que me deu condições de executar a pesquisa.

RESUMO

A ocorrência de desastres naturais pelo mundo vem cada vez mais ocasionando perdas e danos para a sociedade. A inundação representa um dos desastres de maior ocorrência em diferentes partes do planeta afetando agricultura, a população rural e também a população urbana, dentre outros. A bacia hidrográfica do córrego Humaitá na cidade de Juiz de Fora - MG está inserida nessa realidade e sofre constantemente com eventos de inundações afetando toda a população residente gerando danos e prejuízos. No processo de urbanização os rios são constantemente transformados e as paisagens modificadas, desta forma a percepção dos riscos pela população se torna mais evidente. Ressalta-se que os riscos são distribuídos na sociedade de forma desigual onde uma parte desta tende a sofrer mais com os efeitos e os danos causados pelos eventos perigosos, pois a construção do espaço urbano se dá de forma excludente e desigual. Percebe-se que a produção do espaço urbano na área da bacia estudada se deu de forma excludente, com as relações capitalistas degradando a natureza e o próprio homem, sofrendo com a desigualdade de poder, onde é visível as posições de cada classe social sob o ambiente. Diante disso, esse trabalho propõe compreender as relações entre as inundações e a vulnerabilidade social em uma parte da cidade de Juiz de Fora (bacia hidrográfica do córrego Humaitá, Zona Norte da cidade). Para identificar as áreas de suscetibilidade à inundação na bacia hidrográfica do córrego Humaitá adotou-se a metodologia de análise morfométrica com a utilização dos seguintes parâmetros: gradiente da bacia, índice de rugosidade, densidade de drenagem, Índice de Eficiência de Drenagem, coeficiente de compacidade e fator forma juntamente com a interpretação morfológica da bacia. Nos primeiros resultados a bacia do córrego Humaitá se mostrou pouco suscetível à inundação, porém constatou-se que as sub-bacias de segunda ordem são as melhores indicações para que o poder público atue no entendimento e na gestão dos eventos de inundação na bacia estudada. Já para entender a vulnerabilidade social empregou a técnica do Índice de Vulnerabilidade através dos dados socioeconômicos (renda, educação, densidade demográfica, idade e quantidade de moradores) dos setores censitários e também das observações em campo das ocupações da terra. Por fim, entendeu-se que o crescimento e a expansão urbana não só aumentam a suscetibilidade de inundação, mas também modifica a exposição aos riscos e a vulnerabilidade social das comunidades.

Palavras-chave: Inundação urbana. Suscetibilidade. Vulnerabilidade social

ABSTRACT

The occurrence of natural disasters around the world has come more engendering losses and damages to the society. The flood represents one of the disasters of biggest occurrence in different parts of the planet, affecting agriculture, the rural population and also the urban one, among others. The Humaitá stream watershed in the municipality of Juiz de Fora – MG which is inserted in the reality and often suffers with flood events affecting all the resident population, causing damage and loss. In the urbanization process, rivers are frequently transformed and the landscape modified, as a result, the perception of the risks by the population becomes more evident. It is noteworthy that the risks are unevenly distributed in society, where a part of this tends to suffer more with the effects and damage caused by the dangerous events, since the construction of the urban space happens in an unequal and excluding way. It is noticed that the production of the urban space in the studied watershed happened in an excluding manner, with the capitalist relations degrading the nature and the men himself suffering with the inequality of power, where it is visible the positions of each social class on the environment. Therefore, this research proposes to understand the relations between floods and the reproduction of the urban space in a part of the municipality of Juiz de Fora (The Humaitá stream watershed, north zone of the city). In order to identify the areas of susceptibility to flooding in the Humaitá stream watershed it was adopted the morphometric analysis methodology using the following parameters: basin gradient, roughness index, drainage density, Drainage Efficiency Index, compactness coefficient and form factor associated with the morphological interpretation of the basin. In the first results, the Humaitá stream watershed showed itself little susceptible to flood, though it was found that the second order sub-basins are the best indications for the public power to act in the understanding and management of flood events in the studied basin. To understand the social vulnerability it was used the Vulnerability Index technique through socioeconomic data (income, education, population density, age and number of residents) from the census sectors and also from field observations of land occupations. Finally, it was understood that the urban growth and expansion do not only increase the flood susceptibility but also modify the risk exposition and the social vulnerability from the communities. Even the locations of higher susceptibility many times not correspond to the higher vulnerability, the study showed that it is possible to concentrate efforts to include the subjects in the physical geography studies and enable a

vision beyond the natural elements, seeking a connection between the physical and the human.

Key words: Urban flood. Susceptibility. Social vulnerability

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	19
Figura 2 - Etapas metodológicas do projeto	25
Figura 3 - Pontos visitados no campo 1.....	27
Figura 4 - Pontos visitados e não visitados no campo 2.....	28
Figura 5 - Mapa de Geológico da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	41
Figura 6 - Mapa de Morfologia da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	43
Figura 7 - Frequência de ocorrência de meses secos, chuvosos e habituais nos meses da estação chuvosa.	44
Figura 8 - Alto curso do córrego Humaitá onde se observa solo exposto, floresta secundária, parte da mancha urbana e cicatrizes erosivas causadas por pisoteio de gado.	45
Figura 9 - Imagens da inundação ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1906	47
Figura 10 - Imagens da inundação ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1919.	48
Figura 11 - Imagens da inundação ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1940.	49
Figura 12 - Mapeamento da expansão urbana e usos do solo da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.	51
Figura 13 - Mapa de localização dos pontos visitados no primeiro trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	53
Figura 14 - Ocorrências de inundações relatadas pela Defesa Civil entre os anos de 1996 e 2014.	54
Figura 15 - Reportagem sobre inundações na foz do córrego Humaitá.	55
Figura 16 - A- Confluência entre o rio Paraibuna e córrego Humaitá. B- Casas na avenida Lucio Bitencourt e manilhas fluviais. C- Tubos de água e construções. D- Casas na Av. Lucio Bitencourt no bairro Industrial.	56
Figura 17 - A- Casa na margem do rio totalmente destruída por, provavelmente, inundação. B- Casas de construções mais humildes no bairro Jardim Natal. C- Leito do rio visto dentro da casa destruída. D- Margens do rio completamente tomadas por mato e casas inacabada.....	57
Figura 18 - A- Casas populares no leito do córrego Humaitá com marcas de umidade e canos jorrando escotos. B- Casas na margem do córrego Humaitá com canos liberando água com sabão C- Leito do córrego Humaitá com uma casa marcada por umidade e com grandes rachaduras. D- Margens do rio completamente ocupadas por mato, casa inacabada e galpões.	58

Figura 19 - A- Entrada do Condomínio Vivenda das Fontes. B- Imagem de satélite (Google) do condomínio Vivendas das Fontes. C- Entrada do condomínio Fazendinha Pedra Bonita. D- Imagem de satélite (Google) do condomínio Fazendinha Pedra Bonita.	60
Figura 20 - A- Cachoeira no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Humaitá. B- Sítios com plantações e pomares no bairro de Pedra Bonita. C- Área no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Humaitá a margem da BR-040.	61
Figura 21 - Mapa de localização dos pontos visitados no segundo trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	62
Figura 22 - A- Cheia do rio, com a água ultrapassando o portão e manilhas da propriedade. B- Rio passando por dentro de uma propriedade privada. C- Pequenas manilhas construídas na calçada da propriedade que o rio passa. D- O rio está completamente escondido debaixo dessa rua, terreno baldio e parte das casas.	63
Figura 23 - A- Casas populares no bairro Milho Branco. B- Casas populares no bairro Milho Branco visto de um galpão de reciclagem as margens do córrego Humaitá C- Prédios e casas no bairro Encosta do Sol. D- Galpões às margens do córrego Humaitá.	64
Figura 24 - A- altura que a água atingiu a casa. B- Rua tomada por lama. C- Rua Mario Nogueira com muita lama e móveis destruídos na rua. D- Ponte muito baixa que retém o fluxo de galhos e lixo.	66
Figura 25 - A- Reportagem do G1 sobre as inundações de março de 2020 na cidade de Juiz de Fora. B- Reportagem do Tribuna de Minas reafirmando as causas das inundações de março de 2020.	67
Figura 26 - A- Leito do rio em trabalho de campo em 27 de fevereiro. B- Leito do rio pós inundação no dia 05 de março.	68
Figura 27 - Esquema de variáveis do sistema fluvial.	72
Figura 28- Hidrograma de cheia.....	75
Figura 29 - Tipos distintos de leitos	76
Figura 30- Perfil esquemático de diferenciação entre enchente e inundação.....	82
Figura 31 - Comparação da curva hidrógrafa natural e de áreas urbanizadas.....	84
Figura 32 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	92
Figura 33 - Mapa do gradiente das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	94

Figura 34- Mapa do índice de rugosidade das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego.....	95
Figura 35- Mapa de coeficiente de compacidade das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	97
Figura 36 - Mapa de fator forma das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	98
Figura 37- Mapa de densidade de drenagem das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	100
Figura 38- Mapa de Índice de Eficiência de Drenagem das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	101
Figura 39 - Mapa do gradiente das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	103
Figura 40 - Mapa do índice de rugosidade das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	104
Figura 41- Mapa da densidade de drenagem das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	106
Figura 42 - Mapa do Índice de Eficiência de Drenagem das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	107
Figura 43- Mapa do coeficiente de compacidade das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	109
Figura 44- Mapa do fator forma das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá	110
Figura 45- Mapa de suscetibilidade à inundação das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	119
Figura 46 - Mapa de suscetibilidade � inunda�o das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.....	121
Figura 47– A: canaliza�o feita pelo condomínio para acelerar fluxo. B: canal antes da canaliza�o.....	123
Figura 48 - Destrui�o da rua pelo aumento de fluxo das águas do rio Humaitá em frente ao Condomínio Vivendas das Fontes.	124
Figura 49– A: Reportagem sobre inunda�o na foz do córrego Humaitá no ano de 2018. B: Reportagem de inunda�o na foz do córrego Humaitá no ano de 2013.	125

Figura 50– A: Reportagem sobre inundação na foz do córrego Humaitá no ano de 2012. B: Reportagem de inundação na foz do córrego Humaitá no ano de 2007.....	126
Figura 51– A: Foz do córrego Humaitá fevereiro/2020 B: Foz do córrego Humaitá março/2020	127
Figura 52- Em primeiro plano o canal de 4ª ordem do córrego Humaitá e em segundo plano a rua Geraldo Scaldine Machado, um canal de 1ª ordem impermeabilizado.	128
Figura 53- Avenidas e casas acima do canal de 3ª ordem da sub-bacia 34.....	129
Figura 54- Casas ocupando as margens do córrego Humaitá em área de confluência com a foz da sub-bacia 34 e uma pequena drenagem de 2ª ordem	130
Figura 55 - Mapa de responsáveis sem rendimento e com rendimento de até um salário mínimo.....	146
Figura 56 - Mapa da população acima de 65 anos e abaixo de 12 anos.....	147
Figura 57 - Mapa de densidade demográfica.....	149
Figura 58 - Mapa de pessoas analfabetas acima de 12 anos.....	150
Figura 59 - Mapa da média de moradores por domicílio.	151
Figura 60 - Mapa do Número de Moradores no setor.	153
Figura 61 - Mapa de vulnerabilidade social da bacia hidrográfica do Córrego Humaitá.....	154
Figura 62 - A- Construções e área do condomínio Fazendinha Pedra Bonita. B- Parte do rio, do condomínio e casas ao redor.....	155
Figura 63 - Área a ser ocupada por habitantes do setor censitário 27.	157
Figura 64 - Notícia de implementação de infraestrutura urbana na área correspondida ao setor 27.	158
Figura 65 - A- Rua Dr. Augusto Eckman – Jardim Natal.B- Imagem de parte do bairro Francisco Bernadino e Jardim Natal – Rua Abílio Gomes.....	160
Figura 66 - A- Canalização feita no canal de captura fluvial na rua Cel. Pedro Rachello B- Rua Cel. Pedro Rachello passando por cima da drenagem fluvial.....	162
Figura 67 - A- Casa na margem direita do córrego com mecanismo de proteção para inundação e materiais de construção mais resistentes na avenida Lúcio Bitencourt, bairro Industrial. B- Casa em um nível mais elevado que a rua e com materiais e mecanismos para proteção contra inundações na rua Avelino Milagres.	164

Figura 68 - A- População retirando móveis danificados e casas no nível da rua com construções mais simples na rua Mário Nogueira, bairro Industrial. B- Móveis danificados pela inundação.	165
Figura 69 - A- Parte da canalização e não se vê lixos e matos tomando a drenagem. B- Parte da estrada reconstruída pelos próprios moradores.....	166
Figura 70 - A- Ponte que interliga o setor 23 ao 24 (Rua Geraldo Scaldine Machado). B- Via que liga diversos bairros a Av. Brasil (Rua Abílio Gomes). C- Canal a montante e casa com marcas de água. D- Casas ocupando o leito do rio despejando efluentes domésticos diretamente no canal; observa-se diversas marcas de umidade.....	167
Figura 71 - Imagem demonstrativa da interligação de diversos setores censitários.....	169
Figura 72 - A- Final da rua Francisco Vital de Oliveira. B- Vista para o bairro de Milho Branco.....	170
Figura 73 - A- Vista do condomínio Alphaville pela rua Cel. Pedro Rachello B- Cortes feitos para acesso ao condomínio vistos da rua Cel. Pedro Rachello.....	172
Figura 74 - A- Área úmida vista na rua Cel. Pedro Rachello B- Vista da planície e ocupações presentes na área vista pela av. Prosperidade C- Planície formada a partir da captura fluvial D- Canal da captura fluvial visto na rua Cel. Pedro Rachello.	173
Quadro 1 – Compilação de parâmetros e índices a serem trabalhados.....	30
Quadro 2 – Parâmetros de entrada para o cálculo da correlação.....	32
Quadro 3 – Oito variáveis a serem usadas para o índice de vulnerabilidade.....	34
Quadro 4 – Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para medir a vulnerabilidade.....	36
Quadro 5 - Cálculo das variáveis.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Setores censitários pertencentes a bacia hidrográfica do córrego Humaitá	35
Tabela 2 - Tabela dos códigos e planilhas do IBGE para o cálculo de cada variável utilizada.	36
Tabela 3 - Valores da análise morfométrica da bacia do córrego Humaitá e suas sub-bacias.	89
Tabela 4 - Correlação R entre os parâmetros morfométricos.....	90
Tabela 5 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 31	111
Tabela 6 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 32 e suas sub-bacias de 2ª ordem	112
Tabela 7 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 33 e suas sub-bacias de 2ª ordem.	114
Tabela 8 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 34 e de suas sub-bacias de 2ª ordem.	116
Tabela 9 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos das sub-bacias 207 e 209...	117
Tabela 10 - Resultados da parametrização/normalização das variáveis utilizadas para conformação do índice de suscetibilidade morfométrica.	118
Tabela 11 - Resultados brutos dos indicadores de vulnerabilidade social com base no censo do IBGE (2010). Número de moradores no setor (Nm), média de moradores por domicílio (Mn), densidade demográfica (Dd), população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD), pessoas analfabetas acima de 12 anos (E) e responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo (R).....	141
Tabela 12 - Resultados normalizados dos indicadores e da vulnerabilidade social com base no censo do IBGE (2010). Número de moradores no setor (Nm), média de moradores por domicílio (Mn), densidade demográfica (Dd), população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD), pessoas analfabetas acima de 12 anos (E) e responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo (R).....	143

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPRM Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Dd Densidade de drenagem

E Pessoas analfabetas acima de 12 anos

Gr Gradiente

Hm Amplitude altimétrica

IV Índice de Vulnerabilidade

Kc Coeficiente de Compacidade

Kf Fator Forma

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IED Índice de Eficiência de Drenagem

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas

Ir Índice de Rugosidade

Lm Comprimento médio dos canais

Lt Comprimento total dos canais

MDE Modelos Digitais de Elevação

Mn Média de moradores por setor

Nm Número de moradores por setor

PMJF Prefeitura Municipal de Juiz de Fora

R Responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo

SIG Sistemas de Informações Geográficas

TD Pessoas maiores de 65 e menores que 12 anos

UNISDR *United Nations International for Disaster Reduction*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 METODOLOGIA.....	25
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	40
3.1 DINÂMICA FÍSICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ.....	40
3.2 BREVE HISTÓRICO DA FORMAÇÃO TERRITORIAL DE JUIZ DE FORA	45
3.3 O RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO A PARTIR DO TRABALHO DE CAMPO	52
3.4 UM SEGUNDO OLHAR, UM SEGUNDO TRABALHO DE CAMPO	62
3.5 AS PERSPECTIVAS DE UMA SEMANA DE CHUVAS	65
4 A ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA DAS INUNDAÇÕES	69
4.1 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FLUVIAL.....	69
4.2 A INUNDAÇÃO ENQUANTO UM PROCESSO HIDROGEOMORFOLÓGICO	74
4.3 A MORFOMETRIA COMO APROXIMAÇÃO À SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA A INUNDAÇÕES	85
4.4 RESULTADOS DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ.....	89
4.5 INTERPRETAÇÕES DA SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ	91
4.5.1 Sub-bacia 31	111
4.5.2 Sub-bacia 32	112
4.5.3 Sub-bacia 33	114
4.5.4 Sub-bacia 34	115
4.5.5 Sub-bacias 207 e 209.....	117
4.6 MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA À INUNDAÇÃO	117
5 VULNERABILIDADE SOCIAL.....	131

5.1 O CONCEITO DE VULNERABILIDADE SOCIAL.....	131
5.2 AVALIANDO A VULNERABILIDADE SOCIAL	136
5.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIAL DOS SETORES CENSITÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ	141
5.3.1 O caso do setor censitário 27.....	156
5.3.2. Os setores à margem esquerda da bacia	158
5.3.3 Os setores no interflúvio da bacia	160
6 AS INUNDAÇÕES E A VULNERABILIDADE SOCIAL DA BACIA DO CÓRREGO HUMAITÁ: EM BUSCA DE UMA SÍNTESE	163
6.1 O CASO DOS SETORES CENSITÁRIOS 43 E 44.....	163
6.2 O CASO DO SETOR CENSITÁRIO 18.....	165
6.3 CONFLUÊNCIA DE CANAIS, CONFLUÊNCIA DE SETORES	166
6.4 UM LOCAL PARA SE ATENTAR, O BAIRRO AMAZÔNIA	168
6.5 O INTERFLÚVIO E O ALPHAVILLE	171
6.6 UMA REFLEXÃO	173
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	176
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acentua a separação entre sociedade e natureza, de forma que os elementos físicos da paisagem são forçosamente desarticulados do fazer social, encobertos da paisagem e refuncionalizados, passando a ser, conseqüentemente, resignificados pela população. Os rios se inserem nesse contexto. O sistema fluvial, ao longo do processo histórico de urbanização da sociedade brasileira, passa por diferentes alterações, desde a poluição de suas águas, mudanças hidrossedimentológicas, até a impermeabilização das planícies de inundação; transformações que interferem na dinâmica, no funcionamento e na morfologia dos rios e águas fluviais.

Segundo Machado (2016), para suprir a necessidade do crescimento das cidades, as áreas naturais são ocupadas e as paisagens modificadas, interferindo, também, na proteção dos recursos hídricos. Com o crescimento das cidades, os leitos dos rios e também suas planícies são canalizados, escondidos a partir de arruamentos e edificações, sofrendo, em muitos casos, o processo de aterramento. Essas mudanças acabam por agravar e até aumentar a ocorrência das inundações. Abordando essa temática, Leite e Rocha (2016) registraram o aumento do número de inundações no Brasil com o passar das décadas, ao mesmo tempo em que a população urbana crescia.

Cabe ressaltar que a inundação é um fenômeno natural, no qual o rio ocupa suas áreas de planícies sazonalmente, especialmente nos períodos de maiores picos de chuvas. A inundação ocorre quando a vazão do rio aumenta e a água extravasa o leito menor. Frequentemente, as vazões são confinadas no canal, mas há períodos em que altas vazões ultrapassam as margens e ocupam a planície de inundação circundante. Ou seja, na inundação, a vazão excede a capacidade do canal (CHARLTON, 2007; TUCCI, 1995).

De acordo com Cooke e Doornkamp (1990), os fatores que são responsáveis pelos eventos de inundação são divididos em: transitórios (ocorrência de chuvas, taxa de evapotranspiração e saturação do solo), permanentes (características morfométricas e geologia da bacia) e mistos (uso e ocupação do solo).

Com a urbanização e, conseqüentemente, com o aumento da impermeabilização do solo (pavimentações, casas, telhados, entre outros), a água que ia lentamente para o canal passa a escoar superficialmente indo direto para o rio, o que requer uma maior capacidade do canal. Esse processo acaba ampliando a vazão máxima do rio, antecipando assim o pico de cheia e intensificando a ocorrência de inundações (CUNHA, 2012).

A inundação é um dos tipos de desastres naturais¹ que mais ocorre no mundo, mais provoca perdas e prejuízos tanto econômicos quanto humanos. Sausen e Narvaes (2015) apontam que a inundação é responsável por 72,5% de perdas econômicas causando danos em infraestrutura, rodovias e cultivos agrícolas. Logo, os autores afirmam que os eventos de inundação se tornam os desastres naturais mais devastadores e de maior frequência do mundo.

De acordo com o Escritório das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres (UNISDR), no ano de 2015 as inundações foram o segundo tipo de desastre de maior impacto, ou seja, que afetaram mais pessoas no mundo e com maior número de mortes, principalmente na América Latina.

Ainda no relatório da UNISDR, as inundações não impactam somente as sociedades urbanas e suas habitações, mas também a sociedade rural e, conseqüentemente, a produção de alimentos. Analisando esse cenário no Brasil, Santos (2012) indica que no país-as inundações afetam um número cada vez maior de cidades. E para Cunha (2012), o aumento de ocorrência das inundações é resultado de um inadequado manejo dos recursos naturais em prol dos interesses políticos e econômicos.

As diferentes ações efetivadas para a implantação da infraestrutura urbana; não só alteram a morfologia e a hidrologia das vertentes, como também contribuem para a construção da visão que a sociedade terá sobre o rio. Mudanças e interações na política de uso e ocupação da terra possuem efeitos significativos no futuro do rio, assim como na concepção e intervenções técnicas na modificação dos canais, por isso devem ser usados como parte da explicação geomorfológica. Por essa razão, Ashmore (2015) defende que é impossível explicar a morfologia do rio em uma visão apenas física, pois os processos sociais resultam (direta ou indiretamente) na morfologia dos rios e na maneira que os processos fluviais interagem com os sistemas humanos gerando consequência para ambos.

Com o crescimento urbano capitalista das cidades brasileiras, a população passou a sentir mais os efeitos dos desastres naturais. Entretanto, a sociedade apenas se mobiliza e busca novas alternativas quando os eventos ocorrem de maneira mais intensa. Ainda assim, tais ações tendem a ser meramente emergenciais, provisórias e de curto prazo. Contudo,

¹Desastres naturais possuem a força motora da natureza, ou seja, geológico, climatológico, hidrológico entre outros, que interagem com os processos sociais e causam danos socioeconômicos e ambientais para a sociedade. Como os desastres naturais podem ser acentuados por razões socioeconômicas, Saito, Soriano e Londe (2015) afirmam que são efeitos de um modelo de desenvolvimento que geram uma má relação com o meio ambiente.

defende-se que, devido à recorrência desses eventos, torna-se necessário disseminar uma cultura de prevenção para redução dos danos causados pelos desastres naturais (RODRIGUES, 2016), tanto junto aos indivíduos, quanto ao poder público.

A cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, é um exemplo de um processo de urbanização onde a natureza é afastada da sua população: ao longo da sua história, ações ditas modernizadoras foram escondendo e modificando os rios, estes vistos como um problema. Observa-se que os planos de ações e de mitigações por parte do poder público para lidar com as inundações presentes na cidade de Juiz de Fora não são efetivos (MACHADO, 2016).

Para contribuir com esse debate, é preciso ressaltar que a compreensão acerca das inundações apenas por modelos hidrológicos não é suficiente, pois se constata que há outros fatores envolvidos, como os sociais e econômicos, que contribuem para a dinâmica das inundações nas áreas urbanas (ASHMORE, 2015).

Juiz de Fora está situada na rota de grandes vias para pólos econômicos do Brasil (Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo), sendo atravessada por importantes rodovias. É considerada uma cidade média contendo grande ocupação desordenada, crescendo às margens de seus rios, retilinizando e escondendo os canais fluviais sob camadas de concretos vindo a sofrer, atualmente, com graves impactos como a ocorrência de inundações por todas as partes da cidade. Cidades médias são atrações de migrações de pessoas vindas de zonas rurais próximas e de metrópoles fugindo de problemas dessas como violências, poluições, etc. (MENDONÇA, 2010; MACHADO, 2016).

Devido a sua localização geográfica, a cidade de Juiz de Fora surgiu ainda no período de mineração (século XVI) com o objetivo de facilitar a comunicação e o escoamento do ouro para o Rio de Janeiro. Já no século XX, passou a ser um importante centro urbano-industrial de Minas Gerais, com muitas indústrias têxteis, alimentícias e de construção civil provenientes da aplicação de capitais excedentes da economia cafeeira. Com o declínio da cultura cafeeira, a cidade passou por uma recessão econômica e desaceleração industrial (ALBERTONI, 2014; BARROS, 2019; MACHADO, 2016).

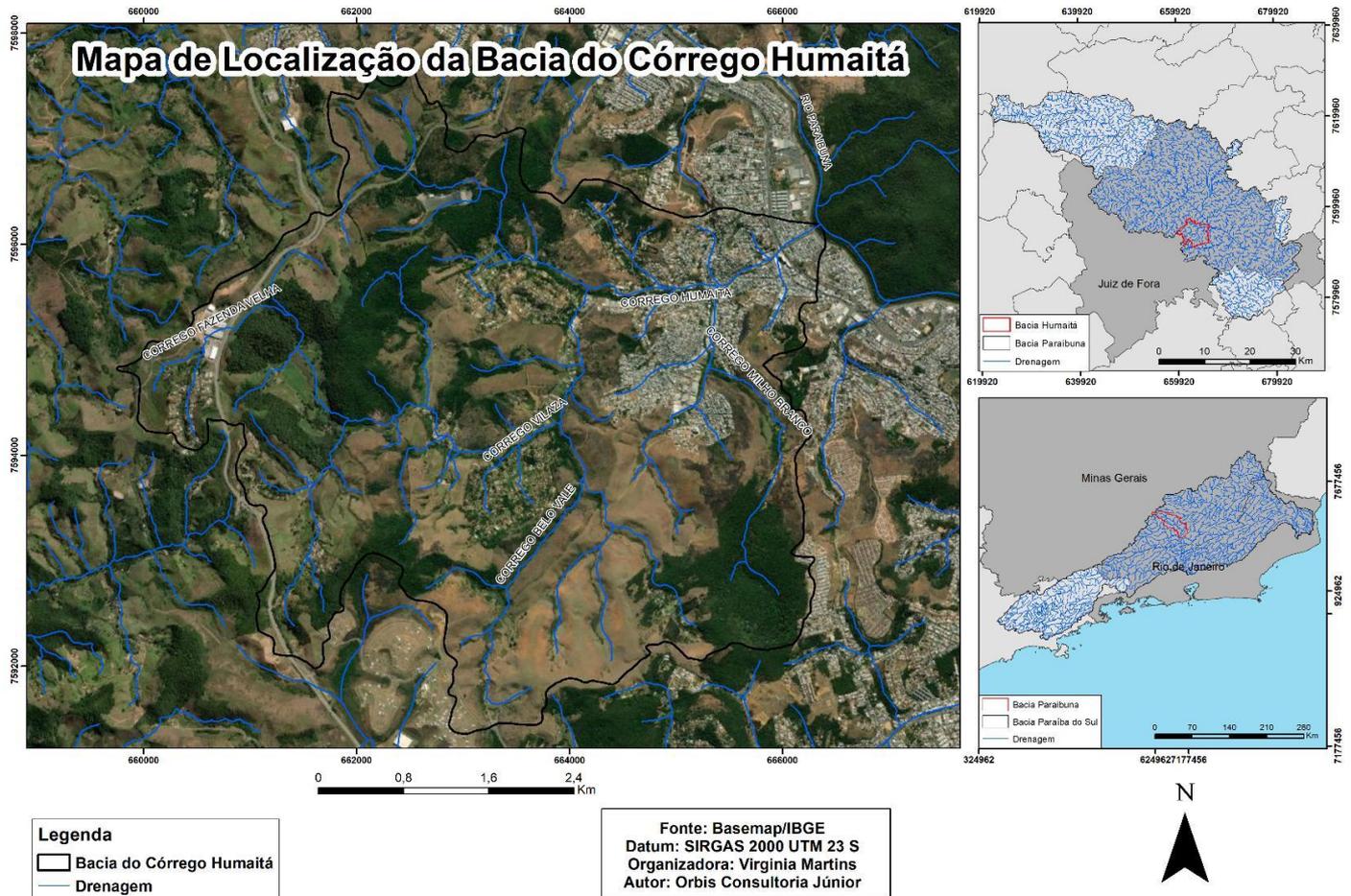
A partir da década de 1970, Juiz de Fora recebeu uma grande verba para investir em políticas públicas e incentivar o crescimento industrial e econômico com fomento ao setor metalúrgico e de montadoras automobilísticas, modificando o nível de empregos e aumentando a massa industrial da cidade. Entretanto, o retorno econômico não foi o esperado

e a cidade passou por outro declínio industrial. Hoje, Juiz de Fora tem como base econômica o setor terciário, principalmente o de saúde e educação, considerada uma capital regional B (ALBERTONI, 2014; BARROS, 2019).

Nesse contexto de urbanização, observou-se o crescimento da Zona Norte da cidade de Juiz de Fora como polo habitacional e industrial, sendo uma região de expansão de crescimento da cidade ainda nos anos de 1970 (SOUZA E CASSAB, 2020). É nessa região, também, que está localizada a área de estudo do presente trabalho: a bacia hidrográfica do córrego Humaitá (Figura de localização). A bacia é composta pelos bairros Industrial, Jardim Natal, Carlos Chagas, Encosta do Sol, Francisco Bernadino, Jockey Club, Milho Branco, Fontesville, Pedra Bonita e entre outros. A área de estudo passou por diversas transformações com a expansão urbana e ainda hoje, sua população sofre com os eventos de inundações.

A bacia hidrográfica do córrego Humaitá possui um tamanho de 24 km² constituindo-se em uma sub-bacia 4^a ordem afluente do rio Paraibuna que, por sua vez, deságua no rio Paraíba do Sul como mostra a figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Assim, em uma tentativa de compreender as ocorrências das inundações na bacia hidrográfica do córrego Humaitá, os principais conceitos trabalhados dentro da perspectiva dos desastres naturais serão: risco, perigo (*hazard*), suscetibilidade e vulnerabilidade.

Saito, Soriano e Londe (2015 p.26) trazem o significado de risco (R) utilizado pela *United Nations International for Disaster Reduction (UNISDR)* que é a “combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas”. O risco só ocorrerá se houver uma sociedade vulnerável a sofrer danos. Para Castro, Peixoto e Rio (2005), o risco está associado às noções de incerteza, perda, prejuízo e perigo, podendo ser materiais, econômicos e humanos, em processos exógenos ou endógenos da Terra e também processos ligados às relações humanas. A partir disso, é possível afirmar que não há risco sem população, sem que o indivíduo sinta os efeitos da perda.

Alguns conceitos estão relacionados ao de risco, como o de suscetibilidade, perigo, vulnerabilidade e respostas da sociedade a esses eventos.

O conceito de suscetibilidade do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2014), significa a predisposição do local em desenvolver os processos do meio físico. A probabilidade de ocorrência do evento está relacionada à tendência do meio que pode acarretar em desastres naturais; entretanto, Rodrigues (2016) afirma que isso não exclui considerar o uso e ocupação do solo como componente adicional.

O conceito de vulnerabilidade para Cutter (2011) possui relação com as condições que colocam a população em situações de risco e as que aumentam ou diminuem a capacidade de resposta e de recuperação da população. Para Saito, Soriano e Londe (2015), a vulnerabilidade é um conjunto de processos físicos, econômicos e sociais que aumentam as chances de uma população sofrer os impactos do perigo. Assim, a vulnerabilidade será a probabilidade de que um grupo seja exposto e afetado pelos eventos naturais. Ou seja, é a interação do perigo que o lugar oferece com o perfil social da comunidade (ARMOND, 2018; CUTTER, 1996; HUMMEL, CUTTER E EMRICH, 2016).

Hummel, Cutter e Emrich (2016) argumentam que a vulnerabilidade está na diferença de capacidade de uma comunidade se preparar, responder e se recuperar de desastres naturais. Mesmo que a exposição ao perigo seja a mesma entre os grupos sociais distintos, o impacto gerado será proporcional a possibilidade que o grupo tem de lidar com os efeitos gerados. Para Tate (2012), a vulnerabilidade social está na interação dos sistemas físicos construídos e também nas características sociais e demográficas.

Ashmore (2015) ainda afirma que as percepções dos riscos referentes ao sistema fluvial estão relacionadas com conflitos jurisdicionais complexos, ação individual e comunitária, e que a política de quem é afetado e a hierarquia dos problemas ambientais também afetam o sistema fluvial. Assim, as percepções e relações que a sociedade possui com o rio serão diferentes em cada lugar sendo este gentil ou ameaçador.

Cabe ressaltar que o estudo da vulnerabilidade social proporciona base empírica para o enfrentamento da diminuição das desigualdades nas consequências geradas pelos riscos ambientais na sociedade. A interpretação da vulnerabilidade social nesta pesquisa configura-se em um esforço para inserir os sujeitos nos estudos de geografia física e, dessa maneira, contribuir para uma compreensão mais ampla e integrada do fenômeno da inundação.

Ampliando essa abordagem, Souza (2018) afirma que a vulnerabilidade é evidenciar as fragilidades que um grupo social possui em decorrência das assimetrias sociais e das desigualdades estruturais. Para o autor, é preciso mais do que a capacidade de reconstruir a vida, deve-se também proporcionar a possibilidade de percepção de sua vulnerabilidade e assim, promover mudanças socioespaciais mais profundas.

Rodrigues (2016) também reitera que os desastres ditos naturais têm como sujeito a organização social. Souza (2018) afirma que desastres naturais são socialmente condicionados e produzidos. Isso quer dizer que os riscos só se consistem assim, pois há grupos sociais eminentemente ameaçados, e esses estão expostos de forma desigual ao perigo. A exposição está diretamente relacionada com a (re)produção do espaço capitalista baseada na segregação socioespacial.

A segregação socioespacial é efeito da espacialização no urbano das classes sociais. Defende-se que a falta do planejamento urbano é causa da segregação, entretanto a (re)produção do espaço urbano capitalista é a ferramenta de instituição desta (TANAGINO, 2013). O poder público faz as normas e as regras para os usos do espaço urbano e, através do planejamento, promove melhorias na infraestrutura, incentiva o capital imobiliário e acaba promovendo a expansão da periferia (CORRÊA, 2000; TANAGINO, 2013). Observa-se, ainda, que a segregação espacial, promovida pelo Estado em conjunto com o sistema capitalista, destrói aos poucos organizações e modos de produção não capitalistas. Assim, com a ausência do Estado e baixa capacidade de mobilidade, as populações inseridas nesses modos são privadas do acesso aos recursos naturais (ACSERALD, MELLO E BEZERRA, 2009).

No Brasil, a segregação espacial foi construída a partir da relação centro e periferia, onde o primeiro possui acesso aos serviços urbanos, a equipamentos e é composto por uma população de maior renda. A periferia, por sua vez, é composta por lugares longínquos, subequipada e habitada por uma população de renda mais baixa (VILLAÇA, 2001). Acserald, Mello e Bezerra (2009), ainda afirmam a existência de áreas periféricas dentro da periferia, onde é justamente o espaço que mais sofre injustiças ambientais. É na hiperperiferia que ocorre a sobreposição dos riscos ambientais com as más condições sociais, econômicas e residenciais.

Entretanto, Sposito (2007) afirma que nas últimas décadas, as cidades, principalmente as médias, têm passado por uma reestruturação na relação centro *versus* periferia. Para a

autora há uma descentralidade e, conseqüentemente, um aumento de diversas áreas de concentração de atividades. Com o aumento dessas áreas e também da facilidade de locomoção por automóveis, há um crescimento de loteamentos fechados.

A cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais, também tem vivenciado essa reestruturação. A partir da área de estudo (a bacia hidrográfica do córrego Humaitá), pode-se observar as características de segregação socioespacial de duas maneiras: a auto-segregação com os loteamentos fechados de médio a alto padrão econômico e a segregação provocada pela ausência do Estado, a partir da falta de infraestrutura em alguns bairros. Quanto a isso, Laschefski e Costa (2008) afirmam que os moradores dos condomínios fechados também buscam uma beleza natural e uma melhora na qualidade de vida pelo afastamento do centro; entretanto, essas características agregam aos valores de troca da propriedade, encarecendo o lote urbano.

É a partir do entendimento da produção da segregação socioespacial que conseguimos compreender a distribuição desigual dos riscos no espaço, construída a partir das características sociais das populações, e como há uma relação entre a configuração locacional da comunidade e as fontes de contaminação ambiental.

Acsehrad (2002) defende que as conseqüências e os efeitos gerados pelos eventos desastrosos são sentidos de formas diferentes dependendo da vulnerabilidade social de cada grupo. Ou seja, são as localidades em que há acumulação de pobreza, falta extrema de infraestrutura e inexistência do Estado, aquelas cujas áreas com maior presença de equipamentos que geram maior degradação ambiental e também maiores riscos para essa população. Dessa forma, cada grupo social sofrerá, de maneira desproporcional, com as conseqüências negativas dos perigos gerados (ACSELRAD, MELLO E BEZERRA, 2009).

Nesse contexto, o fenômeno das inundações emerge como um elemento que reflete a relação entre sociedade e natureza em um espaço urbano desigual e assimétrico. Dessa Logo, investigar os aspectos geográficos das inundações é muito mais complexo do que pautar sobre a hidrologia fluvial ou o mapeamento das “áreas inundáveis”, como tradicionalmente é feito. Exige-se uma abordagem que dialogue os processos físicos e humanos que deflagram as cheias e moldam suas conseqüências.

Segundo Suertegaray e Paula (2019), a fragmentação dos estudos geográficos não permite um melhor entendimento dos processos que formam a sociedade e produzem o espaço urbano. Por isso, os autores defendem que a conexão entre a natureza e a sociedade é

essencial para a compreensão do mundo contemporâneo, pois a partir dos usos que a sociedade atribui ao ambiente, o social amplifica o entendimento do natural.

Por conseguinte, a pesquisa busca colaborar para a expansão do estudo da geografia física para além de uma visão somente nos elementos naturais, e refletir sobre a possibilidade da conexão entre o físico e o humano. Pretende-se expandir o debate da ciência da natureza com o seu conteúdo social, histórico e cultural, bem como, suas implicações na política, como discursa Souza (2018).

Diante disso, esse trabalho propõe compreender as relações entre as inundações e a vulnerabilidade social em uma parte da cidade de Juiz de Fora (bacia hidrográfica do córrego Humaitá, Zona Norte da cidade). Como objetivos específicos, elencam-se: i) interpretar a suscetibilidade geomorfológica à inundação; ii) diagnosticar a vulnerabilidade social; iii) discutir sobre a ocorrência de inundações nas áreas mais ou menos vulneráveis.

O recorte espacial feito para a pesquisa, a bacia hidrográfica do córrego Humaitá, foi definido devido ao seu histórico de ocorrências de eventos de inundações. Assim, a pesquisa será alçada a partir de dois esforços que, inicialmente, interpretados disjuntos, vão se transformar em uma síntese ao final. O primeiro eixo é entender a suscetibilidade geomorfológica, sendo formado a partir de análises morfométricas, análises estatísticas, observações em campo, do uso e ocupação da terra e interpretações da morfologia do relevo. O segundo eixo compreende a interpretação da vulnerabilidade social feita a partir de dados socioeconômicos e interpretações estatísticas no nível dos setores censitários. No final, a síntese interpretativa do resultado dos dois esforços feitos vai trazer à luz a questão tão problemática na cidade de Juiz de Fora, que é a presença da população vulnerável em áreas suscetíveis à inundação.

Para melhor organização da dialógica proposta na dissertação, fez-se a escolha de fragmentar o referencial teórico e os detalhamentos metodológicos entre os capítulos juntamente com os resultados e reflexões do trabalho, considerando-se que essa organização facilita o entendimento das interpretações realizadas. Desse modo, a dissertação se organiza pelos seguintes capítulos:

1. INTRODUÇÃO: Breve contextualização. Apresentação do problema, conceitos trabalhados, objetivo geral e objetivos específicos, breve contextualização da área de estudo e também da metodologia utilizada no trabalho. Descrição sucinta do conteúdo de cada capítulo.

2. METODOLOGIA: Capítulo com a descrição dos procedimentos técnicos adotados em cada etapa feita no trabalho.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA: É um capítulo em formato de narrativa sobre a área de estudo: bacia hidrográfica do córrego Humaitá. Utilizará informações percebidas em trabalho de campo, referenciais teóricos, reportagens lidas e redes sociais sobre a área estudada. Além de conter também aspectos físicos da área e formação territorial.

4. A ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA DAS INUNDAÇÕES: Neste capítulo encontra-se todo o referencial teórico necessário para a compreensão do processo e da dinâmica das inundações. Nele também está descrito todo o resultado da análise morfométrica realizada em toda a bacia hidrográfica do córrego Humaitá e também o mapeamento e a interpretação da suscetibilidade à inundação na bacia.

5. VULNERABILIDADE SOCIAL: Este capítulo aborda referencial teórico sobre riscos e seus conceitos relacionados, principalmente o de vulnerabilidade social. Também conta com debates sobre diferentes formas utilizadas para interpretar a vulnerabilidade social de uma sociedade. Por fim, apresenta os resultados do cálculo de vulnerabilidade e a interpretação da vulnerabilidade social da bacia hidrográfica do córrego Humaitá relacionando com aspectos ambientais e sociais observados em trabalho de campo.

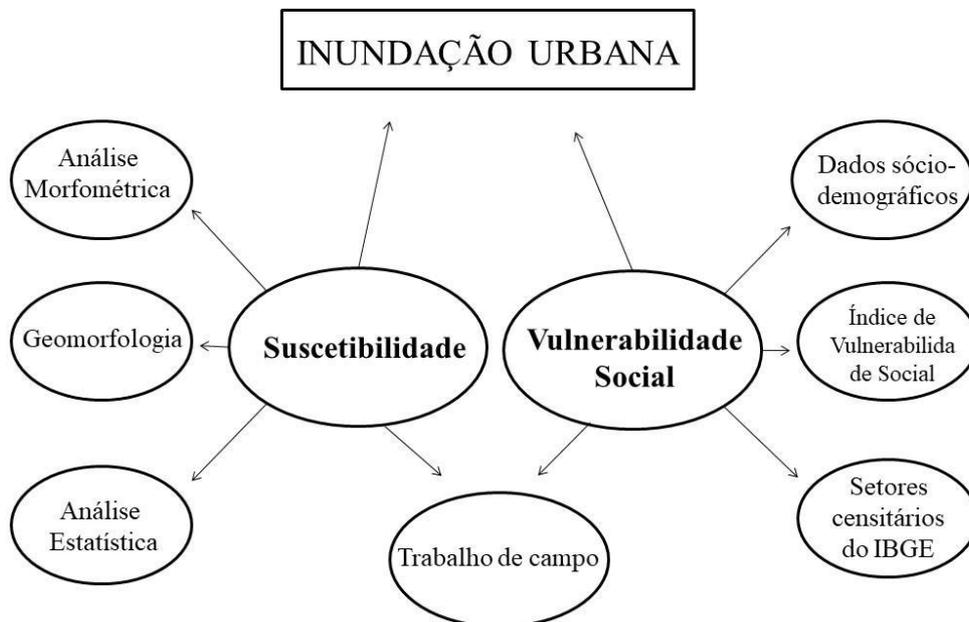
6. AS INUNDAÇÕES E A VULNERABILIDADE SOCIAL DA BACIA DO CÓRREGO HUMAITÁ: Neste capítulo é apresentada uma síntese entre os resultados obtidos nos capítulos 4 e 5, buscando interpretar e refletir sobre esses resultados e a (re)produção do espaço urbano.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS: Congrega as reflexões alcançadas, os desafios e as possíveis lacunas da pesquisa.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu na aplicação de técnicas para o mapeamento da suscetibilidade à inundação e da vulnerabilidade social na bacia hidrográfica do Córrego Humaitá na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais. Esses serão os dois eixos metodológicos adotados. O produto final contará com uma interpretação conjunta entre as áreas mais suscetíveis à inundação e as zonas de maior vulnerabilidade social. Para isso, o trabalho utilizará de dados primários obtidos em campo, juntamente com dados secundários tratados por análises estatísticas e geoprocessamento. Assim, contará com múltiplos procedimentos metodológicos exemplificados na figura 2:

Figura 2 - Etapas metodológicas do projeto



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

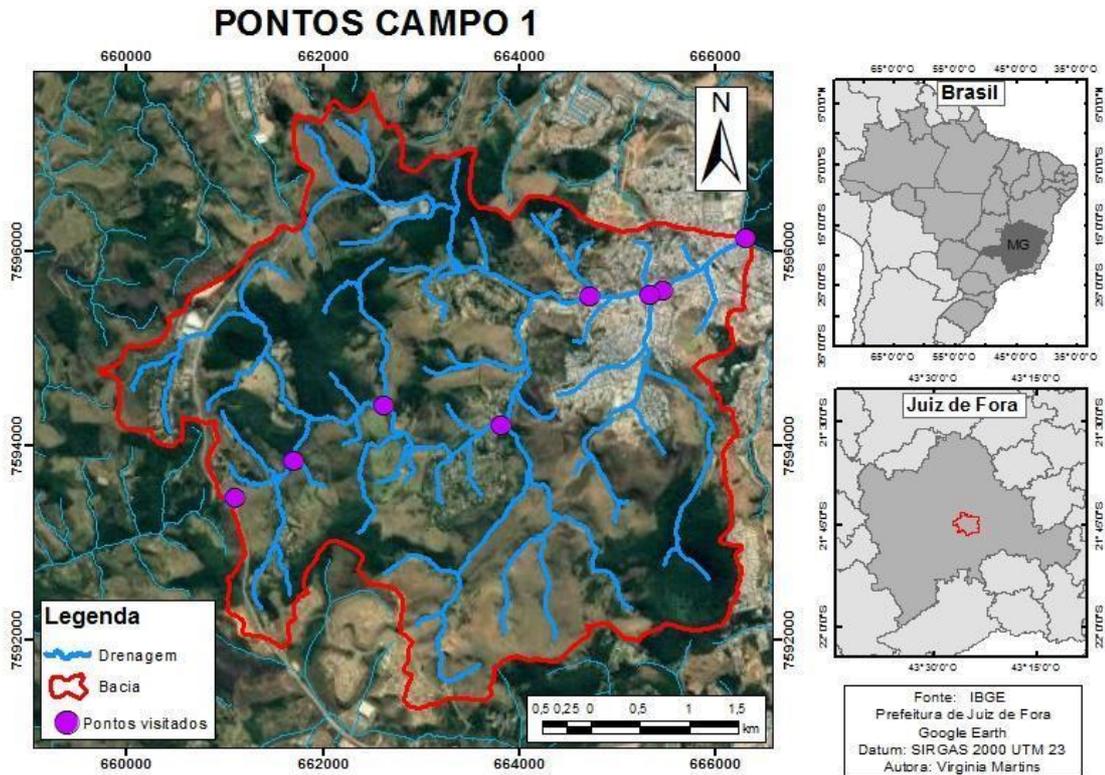
Os dados utilizados ao longo da pesquisa objetivando o cumprimento das etapas metodológicas, foram obtidos a partir de diferentes fontes; no entanto, permitem uma integração espacial, pois integram categorias espaciais que dialogam umas com as outras, como bacias hidrográficas e setores censitários.

Primeiramente, foram realizados levantamentos de dados bibliográficos sobre os conceitos estruturantes do trabalho e das metodologias a serem seguidas. Para a geração da morfometria foi feito um levantamento de dados cartográficos de base como: curvas de nível

e rede de drenagem do município de Juiz de Fora; e um mosaico de ortofotos dos anos de 2007 e 2010 – todos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Juiz de Fora. No que concerne ao mapeamento de vulnerabilidade social, foi feito um levantamento dos dados do censo demográfico do ano de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a partir dos setores censitários pertencentes à bacia estudada.

Em complementação à interpretação dos eixos estruturantes (suscetibilidade e vulnerabilidade), foram realizados três trabalhos de campo que visaram dar suporte à compreensão e ao entendimento da dinâmica geomorfológica e o uso e ocupação da terra. O primeiro trabalho de campo, realizado dia 26 de abril de 2019, teve como objetivos o reconhecimento da área de estudo (bacia hidrográfica do córrego Humaitá), a identificação das áreas mais alteradas pelas ações antrópicas e também a identificação das áreas sujeitas à inundação, segundo as Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundação da CPRM (2014). Além disso, buscou-se identificar o estado das margens dos canais de drenagem do córrego e seus afluentes. Por fim, foram observadas as condições socioeconômicas da população residente na bacia. O objetivo do campo foi alcançado a partir de observações diretas, de registro de caderneta, fotografias e mapas (Figura 3).

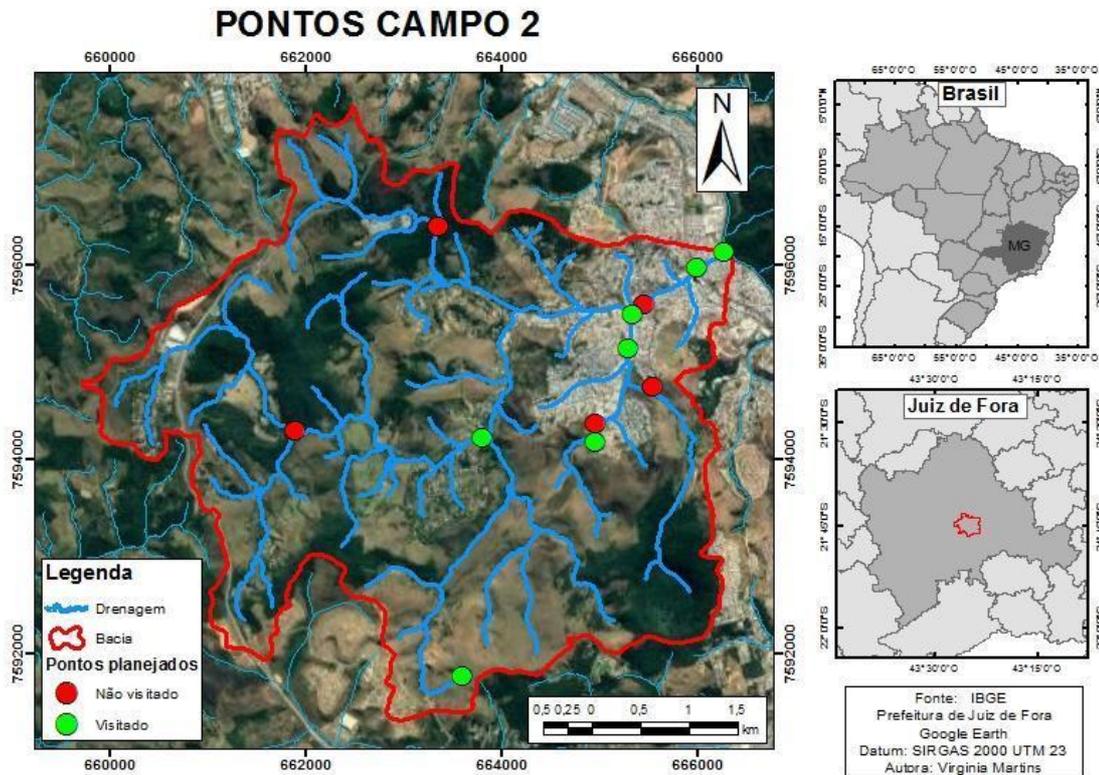
Figura 3 - Pontos visitados no campo 1.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O segundo trabalho de campo foi realizado no dia 27 de fevereiro de 2020, após os primeiros resultados da análise morfométrica executada para verificar a correspondência dos resultados com a morfologia visualizada em campo, a partir de observação direta e fotografias. Cabe ressaltar que alguns pontos não foram observados em campo devido a dificuldade de acesso, seja por serem cercados de casas (área privada) ou áreas perigosas (Figura 4).

Figura 4 - Pontos visitados e não visitados no campo 2.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nos dois trabalhos de campo realizados (de reconhecimento e de verificação) foi possível observar os usos e ocupações da terra nos pontos visitados. Além disso, também se observou algumas modificações no percurso do rio. A partir das informações obtidas no local, foi possível interpretar a expansão urbana e até o desaparecimento de pequenas drenagens, que foram substituídas por ruas, avenidas e/ou casas. Ressalta-se que os usos e ocupações de certas áreas contribuem para os tempos de resposta que cada parte da bacia terá, pois influenciará nas taxas de infiltração e nas taxas de escoamento. Com isso, pode-se afirmar a possibilidade de alterações nas ocorrências de balanço hídrico. Dessa maneira, foi de suma importância a interpretação destes dados para os resultados da pesquisa.

Poucas semanas após o segundo trabalho de campo, houve a ocorrência de um evento de inundação na bacia, atingindo principalmente a foz do córrego Humaitá. Esse evento motivou a realização do terceiro trabalho de campo, no dia 05 de março de 2020 (dois dias depois do evento chuvoso, assim que a vazão baixou), com enfoque na área atingida e também em parte do baixo curso para observação das características das ruas, das casas e dos

comércios mais atingidos. Em campo, foi possível fotografar as áreas atingidas, além de conversar informalmente com os moradores.

Para a produção dos dados morfométricos e mapeamento da suscetibilidade à inundação, utilizou-se a base cartográfica fornecida pela Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, MG. As curvas de nível utilizadas para delimitar a bacia hidrográfica do córrego Humaitá possuem equidistância de 5 metros e a partir delas delimitou-se as sub-bacias de 2ª, 3ª e 4ª ordens, hierarquizadas a partir de Strahler (1952).

Com base nesse estudo, foram extraídos os seguintes atributos do relevo e da rede de drenagem para todas as sub-bacias, segundo Christofolletti (1980), Costa (2017) e Villela e Mattos (1975):

- Declividade;
- Área das bacias hidrográficas (A): área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores em Km²; calculada no ambiente do ArcGIS, seguindo o seguinte passo: adicionar coluna de área (tipo *float*) na tabela de atributos – *calculategeometry* de área em m²;
- Comprimento das bacias hidrográficas: linha reta da desembocadura até o ponto mais alto da bacia; foi medido a partir da ferramenta régua do ArcGIS;
- Perímetro das bacias hidrográficas; calculado no ambiente do ArcGIS seguindo o seguinte passo: adicionar coluna de perímetro (tipo *float*) na tabela de atributos – *calculategeometry* de perímetro em m²;
- Comprimento do rio principal das bacias hidrográficas; calculado no ambiente do ArcGIS seguindo o seguinte passo: criação de novo *shpfile* refazendo o rio pela ferramenta *trace* – criou coluna de extensão na tabela de atributos - *calculategeometry* (tipo linhas) em metros;
- Comprimento total dos canais das bacias hidrográficas (Lt): comprimento de todos os canais divididos pelo número de canais; O comprimento dos canais foram medidos no ambiente do ArcGIS - *calculategeometry* (tipo linhas) em metros – transferido para o ambiente Excel e calculado o Lt;
- Comprimento médio dos canais de cada ordem (Lm): divide a soma dos comprimentos dos canais de cada ordem pelo número de segmentos encontrados na respectiva ordem; o comprimento dos canais foi medido no ambiente do ArcGIS -

calculated geometry (tipo linhas) em metros – transferido para o ambiente Excel e calculado o L_m ;

- Amplitude altimétrica das bacias hidrográficas (H_m): diferença altimétrica entre a altitude da foz e a altitude da cota máxima entre os canais de primeira ordem; calculado em ambiente Excel com os valores encontrados nas curvas de nível.

Em seguida foi calculado no *software* Excel os seguintes parâmetros morfométricos para todas as bacias: gradiente da bacia, densidade de drenagem, Índice de Eficiência de Drenagem, índice de rugosidade, coeficiente de compacidade e fator forma, como exposto no quadro 1.

Quadro 1 - Compilação de parâmetros e índices a serem trabalhados.

Parâmetros Morfométricos	Fórmula	Influência
Gradiente da bacia	$GB = \Delta H/L$	Avalia a velocidade do escoamento da bacia.
Coefficiente de Compacidade	$Kc = 0,28 P_d A_d^{0,5}$	Está relacionado a forma irregular da bacia, quanto mais circular for (mais próximo de 1) maior será a suscetibilidade a inundação.
Fator Forma	$Kf = L_m/C$	A relação entre a largura da bacia e o comprimento dos canais.
Densidade de Drenagem	$Dd = L_t / A.$	Avalia a capacidade e a velocidade que os fluxos deixam as vertentes.
Índice de Eficiência de Drenagem	$IED = Gr \times Dd$	Avalia a capacidade do terreno em drenar a água da superfície da bacia. Influencia no tempo de resposta ao sistema.
Índice de Rugosidade	$I = H.Dd$	Mostrará se é mais plana ou não.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

O gradiente da bacia, segundo Christofletti (1980), é o resultado da maior cota da bacia subtraído pela menor cota e dividida pelo comprimento da bacia. A densidade de drenagem, para Villela e Mattos (1975), é calculada pelo comprimento total dos cursos d'água de uma bacia hidrográfica dividido por sua área total. Christofletti (1980) afirma que quando a densidade de drenagem e a amplitude altimétrica forem altas, a rugosidade será alta também, isto porque as vertentes serão íngremes e curtas. Knighton (1984) considera a densidade de drenagem muito importante na geometria da rede, pois expressa o grau de dissecação da bacia e vincula os atributos de forma da bacia.

Também se calculou o Índice de Eficiência de Drenagem, que, segundo Pereira *et al* (2009), é a relação entre o gradiente da bacia (Gr) e a densidade de drenagem.

O fator forma, para Villela e Mattos (1975) é calculado pelo comprimento médio dos canais de cada ordem dividido pelo comprimento dos mesmos canais. Para interpretação dos valores resultantes de fator forma foram considerados que: quanto menores os valores (inferiores a 0,5) menos sujeita a bacia está a sofrer com inundações se comparada a outra com um resultado maior. Já quanto ao coeficiente de compacidade, calculado pelo perímetro e área da bacia, Villela e Mattos (1975) afirmam que valores mais próximos a 1 indicam bacias hidrográficas mais circulares, ou seja, mais suscetíveis à inundação. O presente trabalho tem por base Porto, Zahed Filho e Silva (1999), considerando os valores de Kc de 1 a 1,4, sendo uma bacia de forma mais próxima a esférica e valores maiores que 1,5 para uma bacia mais alongada. Cabe ressaltar que também foi realizada a interpretação da forma das bacias de maneira visual.

Todos os parâmetros morfométricos utilizados na pesquisa foram selecionados a partir de literatura da temática (artigos, dissertações e teses) que possuem foco em suscetibilidade à inundação, sendo, portanto, escolhidos os mais utilizados por estes pesquisadores, como Costa (2017), Souza (2005) e Cherem (2008).

Após cálculo dos parâmetros morfométricos, os resultados foram representados a partir de mapas temáticos elaborados no ambiente do ArcGIS, sendo feitos por bacias hierarquicamente agrupadas, onde as bacias de segunda ordem foram representadas com o número dois na frente seguidos dos números em ordem crescente (01, 02, 03 e assim por diante). Já as bacias de terceira ordem foram representadas com o número três na frente seguidos pelos números de ordem crescente (1,2,3 e assim por diante). As cores utilizadas para cada parâmetro foram escolhidas para manter um padrão entre as ordens da bacia. As variações dos valores resultantes foram agrupadas em três classes. Desta forma, determinou-se um padrão de cores onde o tom mais forte de cada parâmetro representa os valores que indicam maior concentração de água, enquanto os valores que indicam maior dispersão d'água foram identificados com tom mais claro. Seguiu-se esse padrão para facilitar a interpretação e o debate sobre a suscetibilidade à inundação.

A fim de interpretar estatisticamente os resultados das análises morfométricas, foi calculada a matriz de correlação das variáveis no caso do presente trabalho, os parâmetros. Ou seja, aplicou-se a correlação para entender se os parâmetros aplicados não estão medindo a mesma coisa. Segundo Rogerson (2010), quanto mais próximo a correlação for de 1, mais forte será a relação entre as variáveis. Se o valor for negativo, terá uma correlação negativa,

sendo as variáveis inversamente proporcionais e, se for positivo, será uma correlação positiva, sendo as variáveis diretamente proporcionais. Quanto mais próximo for de 1, será positiva forte; e quanto mais próximo for o resultado de -1, será negativa forte. Para o autor, a correlação de valor zero não significa que as variáveis não estão se relacionando, mas na verdade podem estar correlacionadas de maneira não linear.

O coeficiente de correlação foi calculado no ambiente do *software* Excel, seguindo o seguinte passo: ferramenta – análise de dados – correlação. O intervalo de entrada foram os parâmetros nas colunas A e B como mostra o quadro 2.

Quadro 2 - Parâmetros de entrada para o cálculo da correlação

Coluna A	Gr	Ir	Dd	IED	Kc	Kf
Coluna B	Gr	Ir	Dd	IED	Kc	Kf

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Com a comprovação que os parâmetros não estão sendo calculados de maneira redundante, foi realizada a parametrização pela média para colocar as grandezas em escala comparável. Percebendo que cinco parâmetros utilizados possuem características de que quanto menor o valor mais há a concentração de água, optou-se por utilizar os valores do fator forma (o único que concentra água quanto maior os valores) de forma negativa para padronizar e facilitar o cálculo da média.

Assim, calculou-se a média (a soma dos valores divididos pelo número de parâmetros) para efeito comparativo. Com isso, assumiu-se que os menores valores da média de cada sub-bacia representam aquelas mais suscetíveis à inundação. Após a finalização dessa etapa, representou-se o resultado a partir de mapas temáticos seguindo as cores da formatação condicional, em que os valores em vermelho mais intenso representam as áreas mais suscetíveis à inundação, e os valores em verdes mais intensos as áreas menos suscetíveis. Cabe ressaltar que os números de classes no mapa de suscetibilidade à inundação foram mantidos iguais aos números de sub-bacias para melhor visualização dos resultados.

Para o mapeamento de vulnerabilidade, foi utilizada a técnica de índice de vulnerabilidade aplicada pelos autores Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011). Para Rufat *et al* (2015), os índices de vulnerabilidade são ferramentas para quantificar e mapear as dimensões humanas da vulnerabilidade aos perigos. Para escolha da técnica utilizada observou-se o atendimento aos passos, apontados por Tate (2012), para um adequado índice:

1. Organização dos indicadores dentro do índice: formulação da estrutura conceitual, entender que tipo de vulnerabilidade se quer medir e como irá organizar as variáveis Há diferenciação em três tipos de índice: o dedutivo quando se escolhe menos de 10 indicadores normalizados e agregados ao índice; o hierárquico quando emprega entre 10 e 20 indicadores e os separa em grupos que compartilham a mesma dimensão; e, por fim, os indutivos que começam com um grande conjunto de indicadores (mais de 20) e são reduzidos ao menor número de fatores latentes não correlacionados (os de menores correlações são descartados) usando a análise de componentes principais. Optou-se, então, seguir para a pesquisa com o método dedutivo.
2. Escolher a escalada da pesquisa, ou seja, bairro, estado, cidade e entre outros. O autor ainda indica que deve ser escolhida somente uma escala para não haver diferentes vulnerabilidades. Para a presente pesquisa optou-se pela escala do setor censitário que é a menor unidade territorial e com limites físicos identificáveis e dimensões apropriadas para a pesquisa (IBGE,2010).
3. Escolha de variáveis que represente cada indicador (renda, educação, escolaridade e entre outros), compreendendo que pode haver mais de uma variável para representar um mesmo indicador.
4. Precisão dos dados demográficos.
5. E, por fim, as representações dos indicadores (contagens, proporções, densidade, entre outros).

Tate (2012) ainda afirma que nenhuma estrutura de modelo é pior ou melhor que outra e que medir a vulnerabilidade é um desafio, pois esta não pode ser medida e os índices irão aproximar ao valor real. Desta forma, seguiu-se aqui os princípios de Cutter (2011) em identificar as condições que fazem as pessoas ou locais serem vulneráveis aos eventos e assumir que a vulnerabilidade é uma condição social. E a partir disso, entender que nenhum conjunto de indicadores consegue ser totalmente inclusivo.

Dando continuidade, colocou-se em prática a proposta de Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011). Para o cálculo do índice de vulnerabilidade (IV) constitui-se de 8 variáveis que abordam sobre características demográficas, de dependência, de educação e de renda; para cada indicador foram selecionadas variáveis a partir da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do censo demográfico de 2010 (Quadro 3).

Quadro 3 - Oito variáveis a serem usadas para o índice de vulnerabilidade

Indicadores	Variáveis
Característica demográficas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Número de moradores por setor ▪ Média de moradores por domicílio ▪ Densidade demográfica
Características de dependência	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pessoas menores de 12 anos. ▪ Pessoas maiores de 65 anos
Característica de educação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pessoas analfabetas maiores de 12 anos
Características de renda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pessoas responsáveis sem rendimento ▪ Pessoas responsáveis com rendimento até um salário mínimo.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Após essa definição, passou-se à investigação dos dados nas planilhas do censo que foram adquiridas a partir do passo a passo descrito a seguir:

1. Site do IBGE <http://www.ibge.gov.br> e, em seguida, clicar em DOWNLOAD e ser direcionado para a página <http://downloads.ibge.gov.br/>.
2. Selecionar o item ESTATÍSTICAS, para a aquisição dos arquivos com os resultados do universo por setor censitário do Censo Demográfico 2010.
3. Clicar em RESULTADOS_DO_UNIVERSO e depois em AGREGADOS_POR_SETORES-CENSITÁRIOS.
4. Para baixar a documentação do Censo Demográfico 2010 foi preciso clicar em DOCUMENTACAO_AGREGADO_DOS_SETORES_2010. O arquivo contém 26 planilhas que corresponde cada um à unidade da federação.
5. No fim, foi selecionada a pasta da federação da área de estudo (Minas Gerais) seguindo os seguintes passos: RESULTADO_DO_UNIVERSO depois AGREGADOS_POR_SETORES_CENSITÁRIOS e MG.

Em se tratando da aquisição da malha digital dos setores censitários, foram seguidos os seguintes passos:

1. Site do IBGE <http://www.ibge.gov.br> e, em seguida, clicar em DOWNLOAD e ser direcionado para a página <http://downloads.ibge.gov.br/>.
2. Selecionar em GEOCIÊNCIAS para a obtenção dos arquivos geográficos.
3. Depois acessar a pasta MALHAS DIGITAIS, CENSO_2010, após clicar em SETORES_CENSITARIOS e por fim selecionar a unidade da federação (MG).

A partir disso, em ambiente GIS, foi realizada a separação de todos os setores que compunham a bacia hidrográfica do córrego Humaitá. Optou-se por selecionar até os setores que se encontram com somente parte da área dentro da bacia. Após a seleção, cada setor foi codificado a fim de facilitar a interpretação dos resultados, como mostra a tabela 1.

Tabela 1 - Setores censitários pertencentes a bacia hidrográfica do córrego Humaitá

Setor	Setor Censitário	Área	Setor	Setor Censitário	Área	Setor	Setor Censitário	Área
1	313670205070015	0,08	23	313670205090025	0,04	45	313670205230003	0,09
2	313670205080006	1,58	24	313670205090026	0,04	46	313670205230004	0,1
3	313670205080008	1,42	25	313670205090027	0,05	47	313670205230005	0,04
4	313670205080009	0,07	26	313670205090043	0,35	48	313670205230006	0,32
5	313670205080017	0,04	27	313670205090044	0,08	49	313670205090058	-----
6	313670205080018	0,18	28	313670205090045	0,08	50	313670205090059	-----
7	313670205080019	0,02	29	313670205090046	0,04	51	313670205090060	-----
8	313670205090001	0,17	30	313670205090047	0,33	52	313670205090062	-----
9	313670205090002	0,1	31	313670205090050	0,24	53	313670205090063	-----
10	313670205090003	0,18	32	313670205090052	0,04	54	313670205090064	-----
11	313670205090004	0,06	33	313670205090054	0,05	55	313670205090065	-----
12	313670205090005	0,05	34	313670205090055	0,07	56	313670205090070	-----
13	313670205090006	0,08	35	313670205120001	5	57	313670205090071	-----
14	313670205090007	0,06	36	313670205120003	11,54	58	313670205090072	-----
15	313670205090008	0,01	37	313670205120004	6,64	59	313670205090073	-----
16	313670205090009	0,21	38	313670205140012	0,18	60	313670205090074	-----
17	313670205090011	0,3	39	313670205140013	0,16	61	313670205090075	-----
18	313670205090012	0,83	40	313670205140034	-----	62	313670205090076	-----
19	313670205090019	0,08	41	313670205140050	0,11	63	313670205090077	-----
20	313670205090020	0,04	42	313670205160002	-----	64	313670205090078	-----
21	313670205090023	0,06	43	313670205230001	0,04	65	313670205080029	-----
22	313670205090024	0,08	44	313670205230002	0,06	66	313670205230020	-----

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para diversos setores censitários localizados dentro da bacia hidrográfica do córrego Humaitá, na malha digital produzida pelo IBGE (2010), não há informações demográficas

disponibilizadas nas planilhas dos resultados do universo. No presente trabalho eles foram representados na tabela com uma sequência de traços.

Outro caso encontrado no levantamento de dados foi dos setores que estavam presentes dentro do resultado do universo, porém inúmeras variáveis se encontravam com a letra X no lugar do resultado, mantendo somente as variáveis bases. Segundo a base de informação do IBGE (2010), a opção pela restrição dos dados se deu com objetivo de proteção dos informantes do Censo Demográfico 2010. Desta forma, os setores que apresentam menos de cinco domicílios particulares permanentes tiveram os valores foram preenchidos com X. No caso do presente trabalho somente o setor censitário de número três encontra-se nessa condição, fazendo com que não fosse possível calcular, também, sua vulnerabilidade social.

Após a aquisição de todos os dados demográficos, foi executada a separação de todas as variáveis (codificadas) em suas respectivas planilhas, como elucida a tabela 2.

Tabela 2 - Tabela dos códigos e planilhas do IBGE para o cálculo de cada variável utilizada.

Variável Censitária	Código Variável	Planilha IBGE
Número de moradores por setor	V002	Básica
Média de moradores por domicílio	V003	Básica
Densidade Demográfica	Área ² /n° de habitantes de cada setor	
% da população acima de 65 anos	V100 até V134	Pessoa13_MG
% da população abaixo de 12 anos	V022 e V035 até V042	Pessoa13_MG
% de pessoas analfabetas acima de 12	V010 até V077	Pessoa01_MG
% de responsáveis sem rendimento	V10	ResponsávelRenda_MG
% de responsáveis com rend. até 1 salário mínimo	V001 e V002	ResponsávelRenda_MG

Fonte: Elaborado pela autora (2022).³

Finalizada a etapa da organização de cada setor em planilhas *software* Excel (em anexo), seguiu-se a técnica aplicada por Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), agrupando-se as oito variáveis em seis, como mostra o quadro 4.

Quadro 4 - Variáveis censitárias e variáveis utilizadas para medir a vulnerabilidade

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
-----------------------	------------------------------

² A componente área foi calculada no *software* Arcgis, a partir da ferramenta *Field Calculator*

³ As variáveis de vulnerabilidade social serão melhor detalhadas nos itens 5.1 e 5.2 juntamente com o debate dos resultados.

Número de moradores no setor	Número de moradores no setor (Nm)
Média de moradores por domicílio	Média de moradores por domicílio (Mn)
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica (Dd)
% da população abaixo de 12 anos % da população acima de 65 anos	Soma da população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD)
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	% de pessoas analfabetas acima de 12 anos (E)
% de Responsáveis sem rendimento % de Responsáveis com rendimento até um salário mínimo	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e responsáveis com rendimento até um salário mínimo (R)

Fonte: Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), adaptado pela autora.

O passo a passo para se calcular cada variável está descrito no quadro 5:

Quadro 5 – Cálculo das variáveis

Variáveis de Vulnerabilidade	Cálculo
Número de moradores no setor (Nm)	Resultado total nas planilhas IBGE
Média de moradores por domicílio (Mn)	Resultado total nas planilhas IBGE
Densidade Demográfica (Dd)	Área do setor/nº de moradores no setor
% da população abaixo de 12 anos	Total de pessoas acima de 65 anos/ nº de moradores por setor
% da população acima de 65 anos	Total de pessoas abaixo de 12 anos/nº de moradores por setor
Soma da população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD)	Soma da porcentagem das pessoas acima de 65 anos e abaixo de 12 anos
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos (E)	Total de alfabetizados acima de 12 anos subtraído pelo total de pessoas acima de 12 anos
% de Responsáveis sem rendimento	Total de responsáveis sem rendimento/pelo nº domicílios no setor
% de Responsáveis com rendimento até um salário mínimo	Total de responsáveis com até um salário mínimo/pelo nº domicílios no setor
Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e responsáveis com rendimento até um salário mínimo (R)	Somou as duas porcentagens resultantes.

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Com toda a base de dados coletada e calculada, a próxima etapa consistiu na normalização das variáveis. Segundo Tate (2012), a normalização é colocar todos os indicadores em escala comum de medição sem uma ter uma maior dimensão que a outra, permitindo, assim, uma comparação dentro do conjunto de dados. Após essa etapa, padronizou os valores de 0 a 1. Assim, quando o valor está mais próximo de 0, melhores serão as condições sociais daquele setor, e quanto mais próximo de 1 pior será a condição daquele setor censitário para a variável.

Em seguida, depois de todas as variáveis padronizadas, construiu-se o Índice de Vulnerabilidade Social (IV) a partir da fórmula proposta por Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), como mostra a equação 1.

Equação 1 - Cálculo de índice de Vulnerabilidade

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

Fonte: Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011)

Onde: Dd representa a densidade demográfica, Nm é o número de moradores no setor, Mm é a média de moradores por setor, TD será a taxa de dependência dos jovens e idosos, E é a educação e R é a renda. O IDHM significa o Índice de Desenvolvimento Humano do Município.

Vale destacar que o IDHM, de acordo com Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), baseia-se na capacidade do próprio município em suporte/resposta dada após um desastre. Lembrando, ainda, que o IDHM é estimado pela Organização das Nações Unidas (ONU) através do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, e no caso do município de Juiz de Fora (MG), o IDHM é de 0,778.

Após calcular o Índice de Vulnerabilidade, padronizou-se os resultados para que passassem a ficar escalonados de 0 a 1, a partir da seguinte equação:

Equação 2 - Cálculo do Índice de Vulnerabilidade escalonado.

$$V_{\text{escalonado}} = \frac{V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}}{V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}}}$$

Fonte: Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011)

Com o resultado do índice pronto, calculado em planilhas do *software* Excel, os valores foram adicionados à tabela de atributos do *shape* de setores censitários e espacializados a partir de mapas temáticos no ambiente do *software* Arcgis. As cores do mapa seguiram a da formatação condicional em que os valores mais próximos do vermelho intenso representam uma maior vulnerabilidade social e os valores mais próximos do verde intenso setores com menor vulnerabilidade social. Por fim, os números de classes no mapa de vulnerabilidade social foram feitos a partir de quebra natural.

Para finalizar o trabalho, foi produzido um capítulo síntese interpretando os resultados de suscetibilidade à inundação juntamente com o mapa de vulnerabilidade social, buscando responder parte dos questionamentos da pesquisa. A comparação entre a espacialização das classes mais vulneráveis e as áreas mais suscetíveis à inundação foi feita a partir da interpretação entre as duas e também das observações feitas em trabalho de campo.

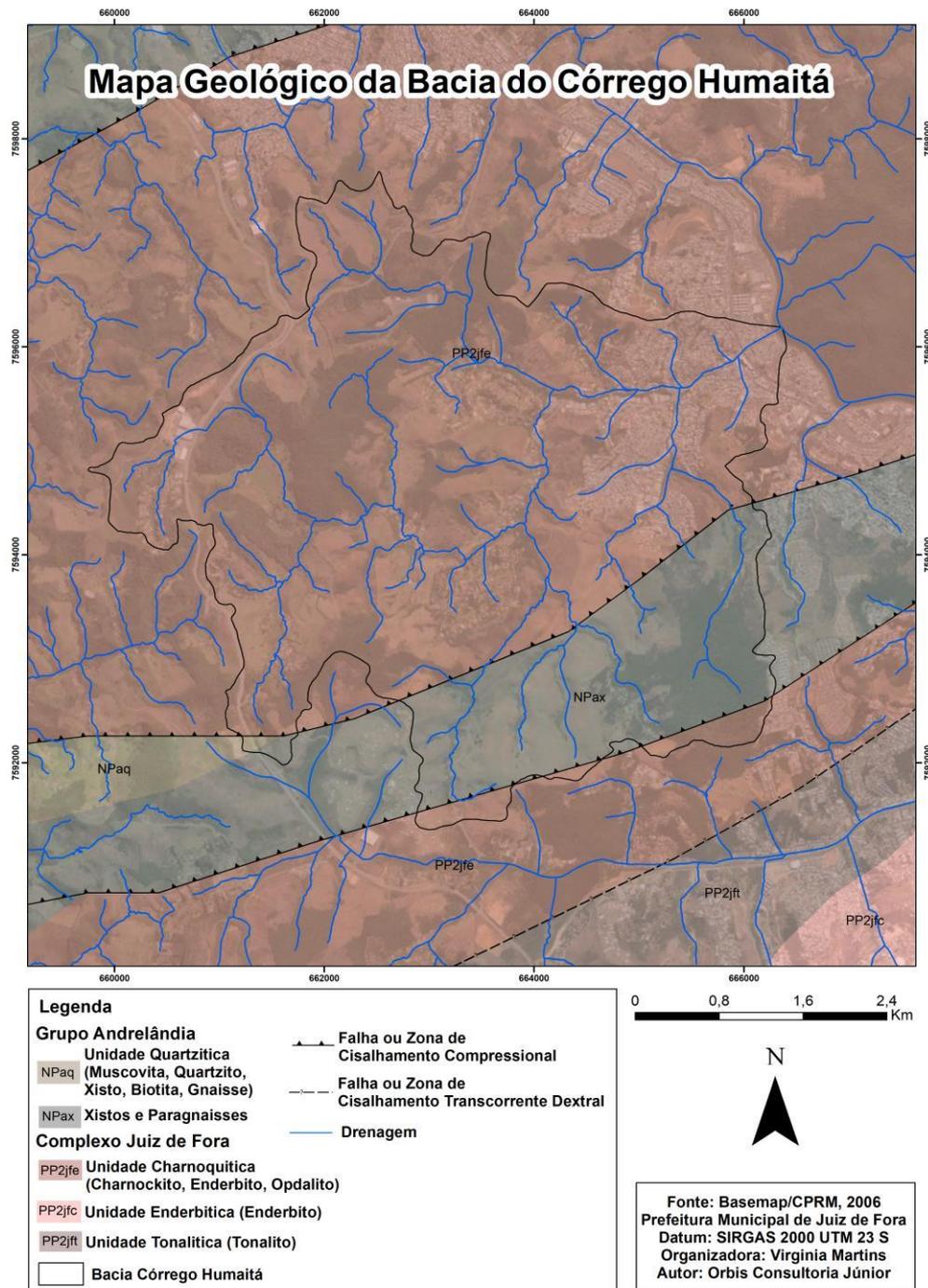
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 DINÂMICA FÍSICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

A cidade de Juiz de Fora está localizada no Sudeste do estado de Minas Gerais, em uma região marcada pela Serra da Mantiqueira, relacionada à faixa ribeira. As unidades geológicas de Juiz de Fora são compostas pelo Complexo Juiz de Fora, com rochas metamórficas ortoderivadas com ortognaisses e metabasitos; e também do Complexo Mantiqueira, com rochas metabásicas. Observa-se que na zona norte há predomínio de terrenos agrupados na megassequência de Andrelândia (PMJF, 2004).

Segundo o CPRM (2006), a bacia do córrego Humaitá está embalada por rochas dos Complexos Juiz de Fora (charnockito, enderbito, optalito) e Grupo Andrelândia (xistos e paragnaisses). Nota-se na figura 5 que a bacia é cortada por uma falha ou zona de cisalhamento compressional.

Figura 5 - Mapa de Geológico da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Organizado pela autora (2022)

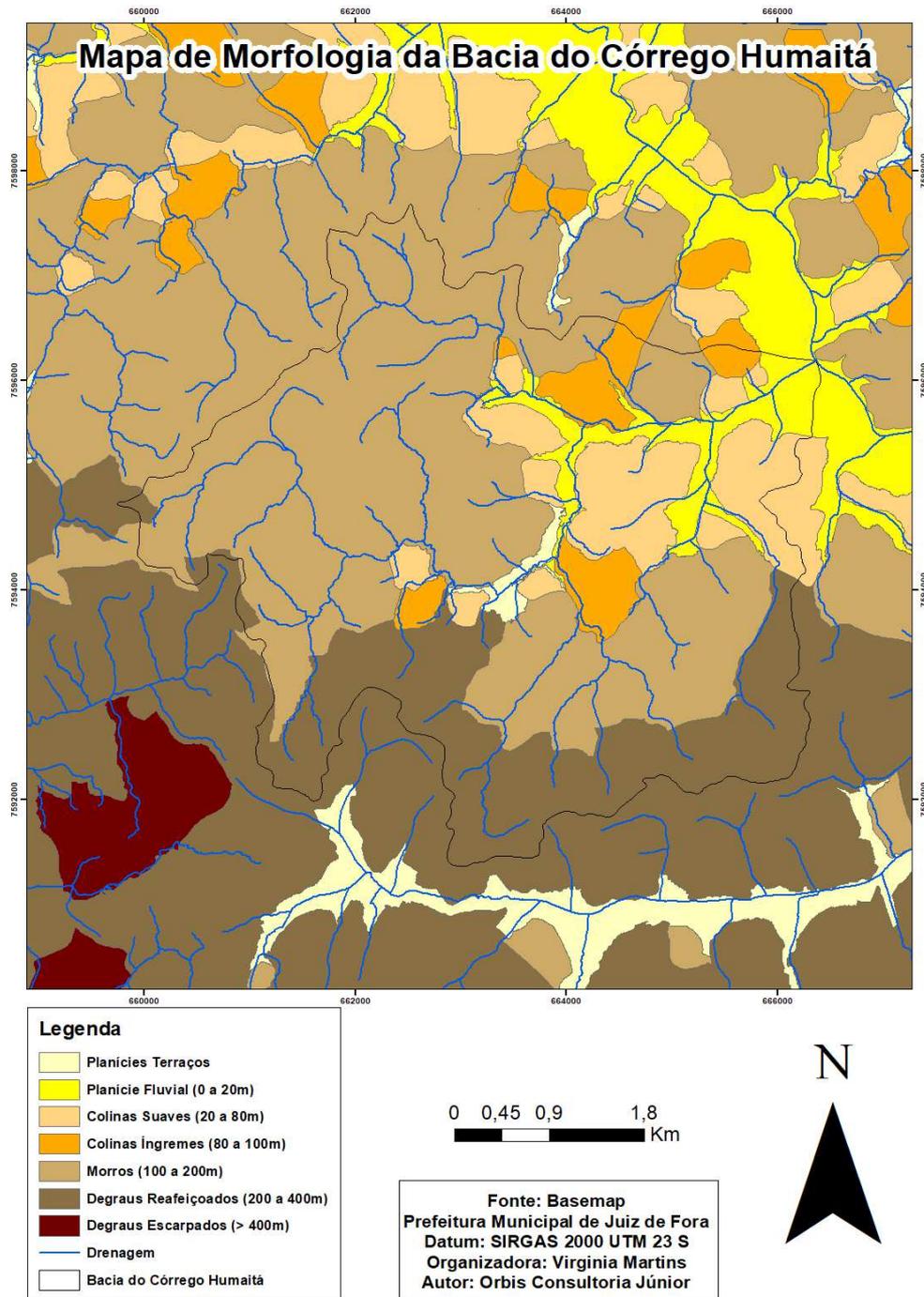
O Radambrasil (1983) localiza Juiz de Fora nos domínios dos Planaltos Atlânticos, situados na região da Serra da Mantiqueira e estabelecidos na unidade das Serranias da Zona da Mata Mineira. Esta zona é caracterizada por formas alongadas, cristas e linhas de

cumeadas. Para Ab'saber (2010) o Planalto Atlântico Brasileiro é composto por morros mamelonares e pequenos maciços montanhosos acidentados e irregulares, o que o autor (*op. cit.*, 2003) classifica como domínio dos “mares de morros”. Na zona norte de Juiz de Fora se encontra uma morfologia com morros de dissecação heterogênea com topos e vertentes predominantemente convexas; contém alguns vales, pequenas colinas e morrotes aplainados, favorecendo a ocupação humana. Já na bacia hidrográfica do córrego Humaitá a predominância é de morros, degraus reafeiçoados e escarpados, colinas suaves e íngremes (estas se distribuem próximas às planícies), além de planícies fluviais (Figura 6). Por suas características morfológicas, é uma área que sofre com a ocorrência de vários eventos de movimentos de massa e inundações (COSTA, 2019; OLIVEIRA, 2016; PMJF, 2014).

Fundamentando em Silva (2003), Santiago (2008) e PMJF (2014), que caracterizam as morfologias encontradas na área estudada, apresenta-se as seguintes definições:

- Planície Fluvial: varia entre 0 a 20 metros, possui formas mais alongadas e presente ao longo das drenagens. É produzida pelos depósitos do rio.
- Colinas Suaves: variam entre 20 a 80 metros de altura e se caracterizam pelo entalhamento de vales e, na grande maioria, possuem topos aplainados resultados do retrabalhamento de material sedimentar.
- Colinas Íngremes: variam entre 80 a 100 metros de altura e se caracterizam por possuir encostas mais íngremes e topos convexos, sendo resultantes da litologia de embasamento cristalino.
- Morros: variam entre 100 a 200 metros de altura; são feições que possuem encostas íngremes, topos convexos e vales mais encaixados.
- Degraus Reafeiçoados: apresentam altura variando entre 200 e 400 metros. Ocorrem em uma zona de transição entre dois compartimentos com altitudes diferentes, não apresentando, o degrau, a fisionomia de uma escarpa íngreme e bem definida.
- Degraus Escarpados: possuem alturas maiores que 400 metros; são feições mais elevadas e com as encostas íngremes.

Figura 6 - Mapa de Morfologia da bacia hidrográfica do córrego Humaitá

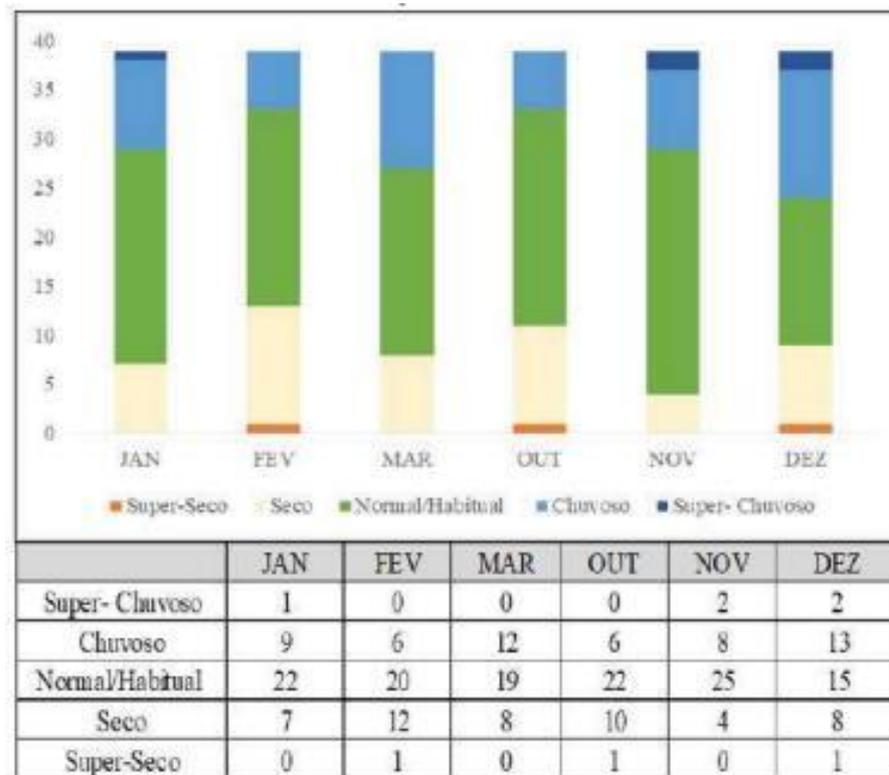


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A cidade enfocada neste trabalho possui um clima tropical de altitude, sendo mesotérmico, ou seja, com duas estações bem definidas: verões quentes e chuvosos (chuvas convectivas), ocorrendo de outubro a março; e uma estação fria e seca (com poucas chuvas

frontais) observada de abril a setembro. Juiz de Fora possui média térmica anual de 18,9°C, ressaltando-se, no entanto, que os meses de abril e setembro se comportam como transição entre o período de seca. A quantidade de precipitação na região divide-se em 44,4% no verão, 40,6% na primavera, 8,8% no outono e 6,6% no inverno (SANTIAGO, 2008; OLIVEIRA *ET AL*, 2020). Segundo Oliveira *et al* (2020) é comum que no verão e primavera chova mais que 1000ml na cidade (Figura 7).

Figura 7 - Frequência de ocorrência de meses secos, chuvosos e habituais nos meses da estação chuvosa.



Fonte: Oliveira *et al* (2020).

Consoante a isso, observa-se que entre os meses de novembro e março é justamente o período com maiores ocorrências de inundações na cidade de Juiz de Fora, fenômeno diretamente relacionado pela quantidade de chuvas, responsável por ocasionar o aumento da vazão do rio. Com a impermeabilização do solo e intervenções nos rios, as possibilidades de ocorrência de inundações aumentam mais. Com base nisso, observa-se que relatos de inundações são frequentes em reportagens e mídias sociais pesquisadas neste mesmo período.

A vegetação predominante na cidade de Juiz de Fora é a floresta estacional semidecidual do domínio da Mata Atlântica; observa-se, entretanto, que a partir da expansão da cultura cafeeira ao longo do século XIX, houve uma modificação profunda na cobertura

vegetal. Hoje, em Juiz de Fora, há fragmentos de florestas secundárias e a cobertura vegetal nativa deu lugar a áreas de plantio de eucalipto, pastos, solo exposto e a mancha urbana (Figura 8).

Figura 8 - Alto curso do córrego Humaitá onde se observa solo exposto, floresta secundária, parte da mancha urbana e cicatrizes erosivas causadas por pisoteio de gado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

3.2 BREVE HISTÓRICO DA FORMAÇÃO TERRITORIAL DE JUIZ DE FORA

A ocupação da cidade de Juiz de Fora ocorreu ainda no século XVII com a abertura do Caminho Novo, sendo uma nova rota do ouro para o Rio de Janeiro. Com o nome de povoado de Santo Antônio do Paraibuna, sua paisagem começou a ser transformada com a ocupação da margem esquerda do Rio Paraibuna (os indígenas os chamavam de Para-y-buna, que significa rio de barro). Até o início do século XIX as atividades econômicas do aglomerado populacional eram baseadas na produção de alimentos para suprir o tráfego da Estrada Real. Em concomitância com a expansão da cafeicultura no Vale do Paraíba, Juiz de Fora entrou no circuito de produção do café nos vales do povoado, incentivando, com isso, uma maior ocupação da região. Esta ocupação foi efetivada com a construção da Estrada União Indústria

em 1861, que ligava a vila à Petrópolis e à cidade de Rio de Janeiro; fator que impulsionou a ocupação da margem direita do rio Paraibuna. A cultura cafeeira permitiu que Juiz de Fora passasse a atrair imigrantes, tornando-se para além de um lugar de passagem, e a uma região de expansão urbano a partir de 1840 (OLIVEIRA, 2016; MACHADO E SANTOS, 2017; PENNA E COLCHETE FILHO, 2017; MACHADO, 2018).

Em 1856 a vila de Santo Antônio do Paraibuna ganhou título de cidade e, em 1865, passou a ser chamada de Juiz de Fora. Nesse momento, a cidade passou por grandes transformações na economia, vindo a desenvolver sua industrialização a partir dos lucros gerados pela cultura cafeeira. A construção da Estrada de Ferro Central do Brasil em 1875 permitiu uma maior acessibilidade e mobilidade à Juiz de Fora, principalmente no escoamento de sua produção (cafeeira e industrial) e também na expansão urbana. No entanto, nesse momento, surgem problemas de infraestruturas, de saneamento e sanitários. Em resposta a isso, iniciou-se uma maior intervenção nos rios da região, ainda no final do século XIX, com retificações e construções de pontes ligando a margem direita do Rio Paraibuna à sua margem esquerda (PENNA E COLCHETE FILHO, 2017; MACHADO, 2016; MACHADO E SANTOS, 2017).

No início do século XX a cidade de Juiz de Fora passou a ser um polo industrial, sendo conhecida nos anos de 1920 como a Manchester Mineira, em alusão a cidade industrial inglesa. Com a expansão da indústria na cidade e, conseqüentemente, com o aumento da população, intensificaram-se também os relatos de grandes eventos de inundações que vieram a afetar a população, causando perdas e danos. Objetivando resolver o problema das inundações, surgem diversos planos de saneamento e com isso, mais intervenções ao longo dos rios da cidade. Nos anos de 1930, Juiz de Fora passou por um declínio econômico, decorrente tanto da cultura cafeeira quanto da indústria e a baixa representativa da indústria têxtil.

Devido à intensa ocupação, o processo de desmatamento do vale do rio Paraibuna e, conseqüentemente, a impermeabilização do solo, surgiram vários problemas relacionados às cheias do rio, registrando-se intensas inundações entre os anos de 1906 e 1940. Essas grandes inundações provocaram uma maior intervenção urbana nos corpos d'água com o intuito de evitar novos eventos (BRASIL, 2013; MACHADO E CUNHA, 2011).

Após a inundação de 1906 (Figura 9), foi lançado o “Plano Geral de Saneamento da Cidade”, responsável por apresentar propostas de medidas de proteção, como diques e retificações, para futuros transbordamentos no rio Paraibuna.

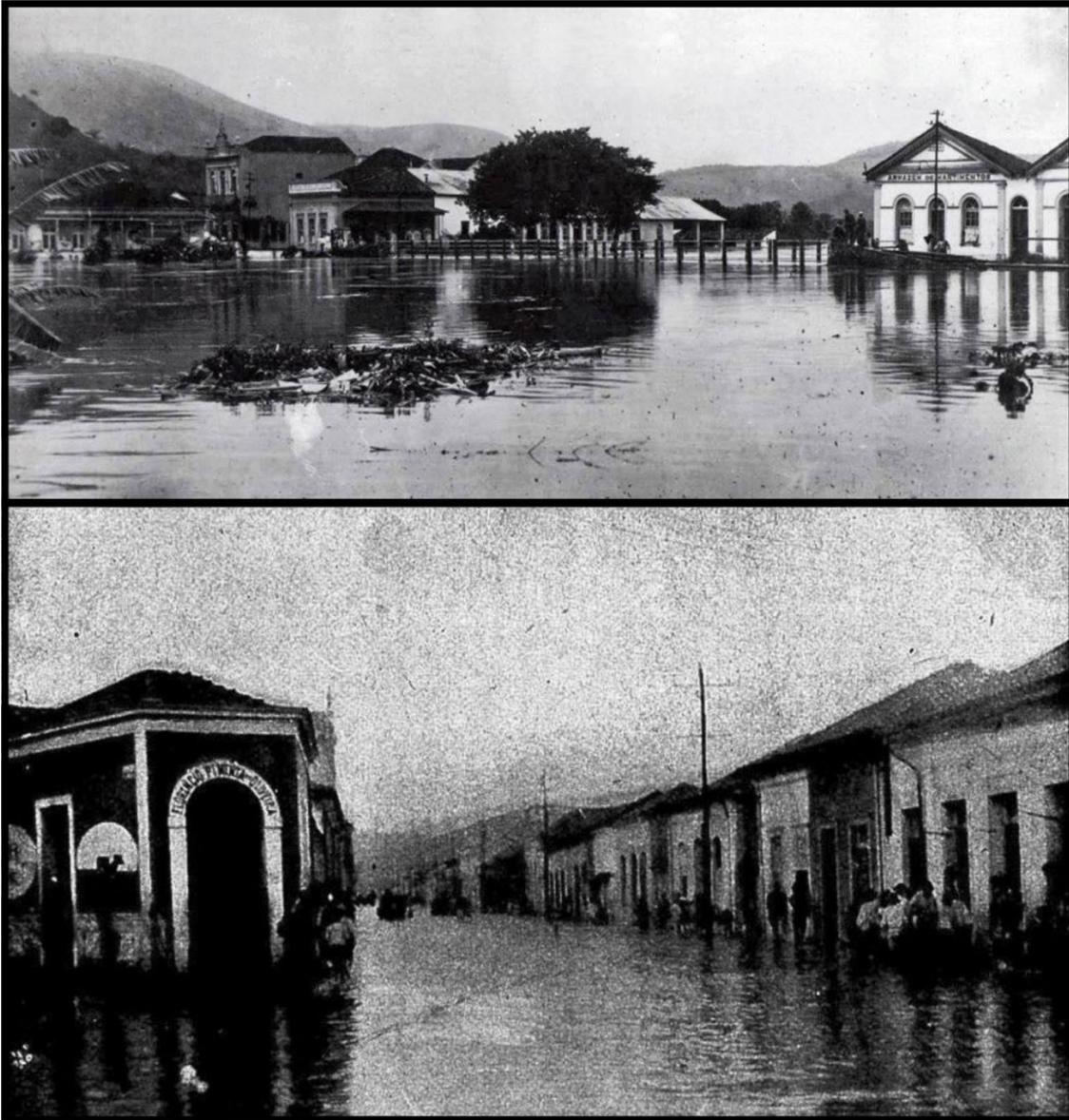
Figura 9 - Imagens da inundação ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1906



Fonte: Mauricio Lima Corrêa (acesso em 08/2022).

Entretanto, o Plano não foi totalmente executado pelo Poder Público, ocasionando assim, novas inundações de grandes proporções no período de 1919 (Figura 10) a 1926, conforme observam Penna e Colchete Filho (2017). No período citado, o rio Paraibuna e seus afluentes possuíam morfologias diferentes da atualidade: rios de águas barrentas, volumosos e cheios de meandros. Assim, ao passar pela cidade a baixa velocidade, em períodos de grandes chuvas, os rios transbordavam.

Figura 10 - Imagens da inunda o ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1919.



Fonte: Mauricio Lima Corrêa (acesso em 08/2022)

Até o ano de 1940 (Figura 11), com a ocorrência de uma das maiores inunda es da cidade de Juiz de Fora, os rios da cidade passaram por mais interferências como retifica o, aprofundamento dos leitos e alargamento das margens. A partir dessas interven es, outras surgiram em todo território juiz forano, a exemplo de aterros e constru es de avenidas, como a avenida Paraibuna, hoje chamada de Brasil (BRASIL, 2013; MACHADO E CUNHA, 2011).

Figura 11 - Imagens da inunda o ocorrida na cidade de Juiz de Fora no ano de 1940.



Fonte: Mauricio Lima Corr ea (acesso em 08/2022)

Nos anos de 1970 houve, em Juiz de Fora, uma tentativa de retomar a forte industrializa o, fato observado pelo recebimento de incentivos do governo federal e também internacionais pelo II Plano Nacional de Desenvolvimento que visava diminuir as disparidades regionais, investindo e incentivando a industrializa o, culminando na cria o do Distrito Industrial na zona norte de Juiz de Fora, o que influenciou a expansão urbana para essa região (MACHADO, 2016; MACHADO E SANTOS, 2017; SOUZA E CASSAB, 2020).

A partir dos incentivos   industrializa o, ocorridos nos anos 1970, houve um grande movimento de imigra o de trabalhadores provenientes do interior de Minas Gerais e também do Rio de Janeiro, impulsionando também um  xodo rural em busca de melhorias na qualidade de vida. O principal vetor de crescimento desse período foi a zona norte da cidade, que começou seu processo de ocupa o ainda no período do Caminho Novo - com o traçado da estrada para a margem direita do rio Paraibuna -, tendo, assim, sua expansão populacional ao longo desse eixo do rio. A partir dos anos de 1930, a ocupa o dessa região se intensificou

com a instalação da Fábrica de Estojos e Espoletas da Artilharia e, conseqüentemente, a instalação de vilas de trabalhadores (OLIVEIRA, 2016; SOUZA E CASSAB, 2020).

Esses investimentos não obtiveram um impulso na economia como o esperado e, ainda nos anos de 1980, a indústria da cidade passou por uma nova crise. Nos anos seguintes, tentando se manter dentro do sistema produtivo global, Juiz de Fora ofereceu novos incentivos a empresas como montadoras de veículos instaladas próximas a BR 040 na zona norte. A vinda dessas novas empresas motivou ainda mais a ocupação da área e a descentralização da cidade (SOUZA E CASSAB, 2020).

Desta forma, o impacto da rápida alteração de espaço agrário para industrial repercutiu em um crescimento populacional na região, modificando a produção do espaço urbano principalmente após os anos de 1970, o que impulsionou ainda mais o desenvolvimento da área, em especial na parte rodoviária, com vias ligando a região às principais rodovias do entorno (principalmente a BR-040) (OLIVEIRA, 2016).

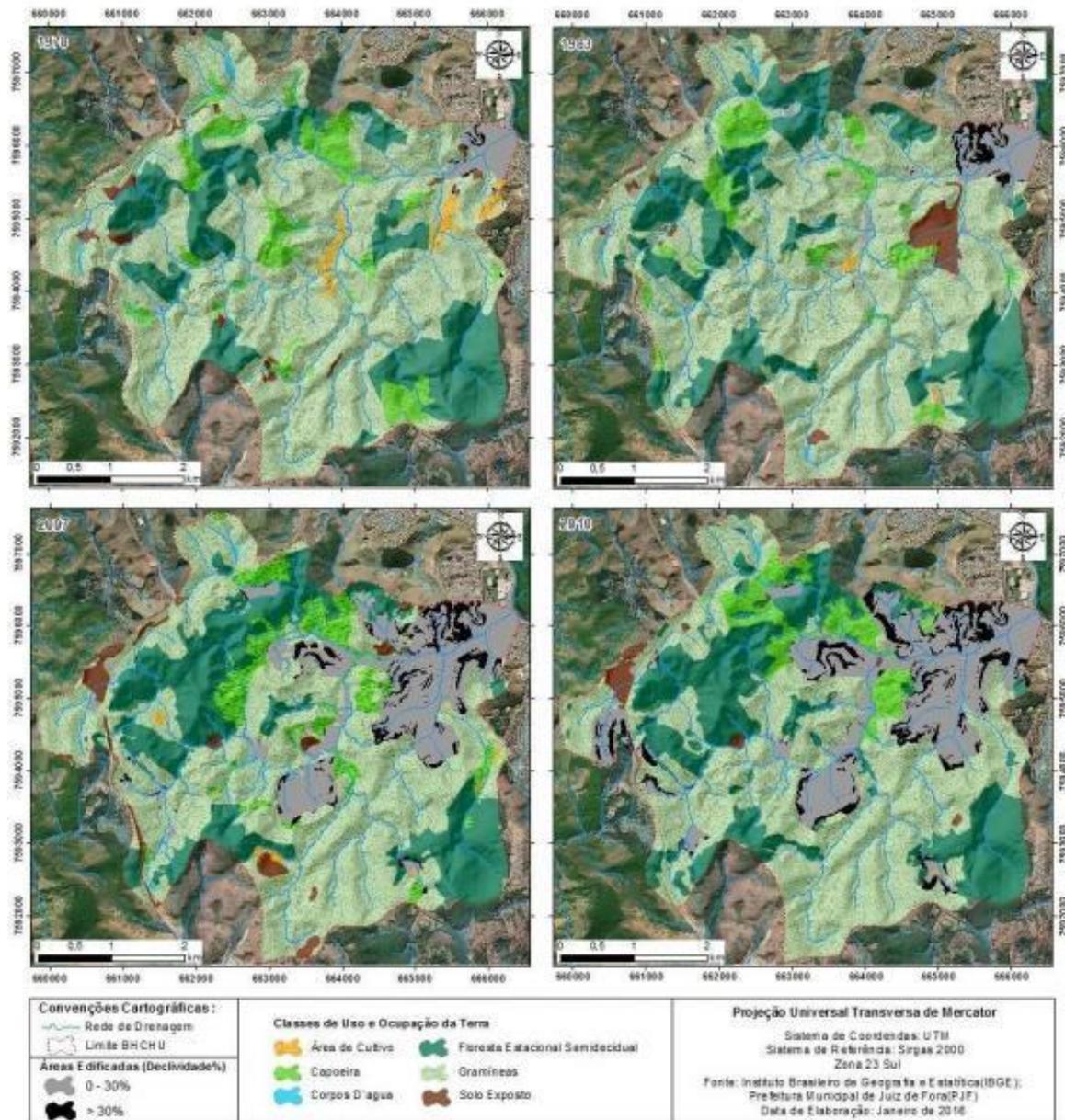
Assim, o período entre os anos de 1960 e 1970, em Juiz de Fora, foi marcado por um aumento populacional e expansão da sua mancha urbana principalmente para a zona norte da cidade, gerando grandes modificações na paisagem fluvial devido às instalações de indústrias e moradias. Nos anos de 1990, novas retificações foram realizadas ao longo do rio Paraibuna, ao norte da cidade, e atualmente novos movimentos são observados com a intenção de regularizar a vazão de água da barragem de Chapéu D'uvas. (BRASIL, 2013; PENNA E COLCHETE FILHO, 2017).

O Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU, 2004) trazia o direcionamento do crescimento urbano para os setores Norte, Nordeste, Oeste e Sul, o que de fato se consolidou hoje. No Plano, as regiões Norte e Nordeste foram destacadas por possuírem maiores proporções de área urbana ainda sem ocupação. Esse padrão de crescimento da bacia hidrográfica do córrego Humaitá, em direção às áreas citadas, pode ser observado no mapeamento feito por Biancard e Costa (2016), que revela a expansão da mancha urbana à montante da bacia em um período de 32 anos (Figura 12).

Dessa maneira, constata-se que a zona norte da cidade de Juiz de Fora é uma região de grande expansão urbana e isso fica visível dentro da bacia do córrego Humaitá. Como constatado em trabalho de campo e imagens de satélite e aerofotografias, o baixo curso da bacia é, certamente, a área mais ocupada e com uma maior quantidade de intervenções nas drenagens da bacia. No mapeamento feito por Biancard e Costa (2016), observa-se que há

uma expansão da mancha urbana para o médio curso, exatamente com a implementação dos condomínios fechados e de alto padrão. Observam-se, ainda, alguns pontos de mancha urbana na cabeceira da bacia, que está localizada próxima a BR-040.

Figura 12 - Mapeamento da expansão urbana e usos do solo da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.



Fonte: Biancard e Costa (2016)

Atualmente, Juiz de Fora ainda produz um espaço urbano desigual tendo base econômica no setor terciário de serviços como, principalmente, educação e saúde. A zona norte permanece sendo um vetor de crescimento municipal tanto para moradia quanto para a indústria e comércio, lidando com problemas urbanos e sociais como a falta de moradia e

saneamento. Nos últimos anos, ainda, se observa um crescente aumento de empreendimentos habitacionais, tanto de alto padrão, como os condomínios fechados, quanto de conjuntos habitacionais da Minha Casa, Minha Vida⁴. Em outras palavras, a região norte é um subcentro importante para o município com indústrias diversas e grande quantidade de serviços. Importante observar, ainda, que muitos desses espaços ocupados por moradias populares estão localizados em áreas de riscos ambientais, sofrendo com a ocorrência de inundações (OLIVEIRA, 2016; SOUZA E CASSAB; 2020).

Em campo, se confirmou essa observação e também o contraste presente: de um lado há os loteamentos fechados de alto padrão e do outro, -loteamentos populares. Comparando-se os dois loteamentos citados, pode-se perceber as técnicas construtivas diferenciadas, além de uma presença maior nos loteamentos fechados de práticas de preservação de cobertura vegetal e baixa densidade construtiva.

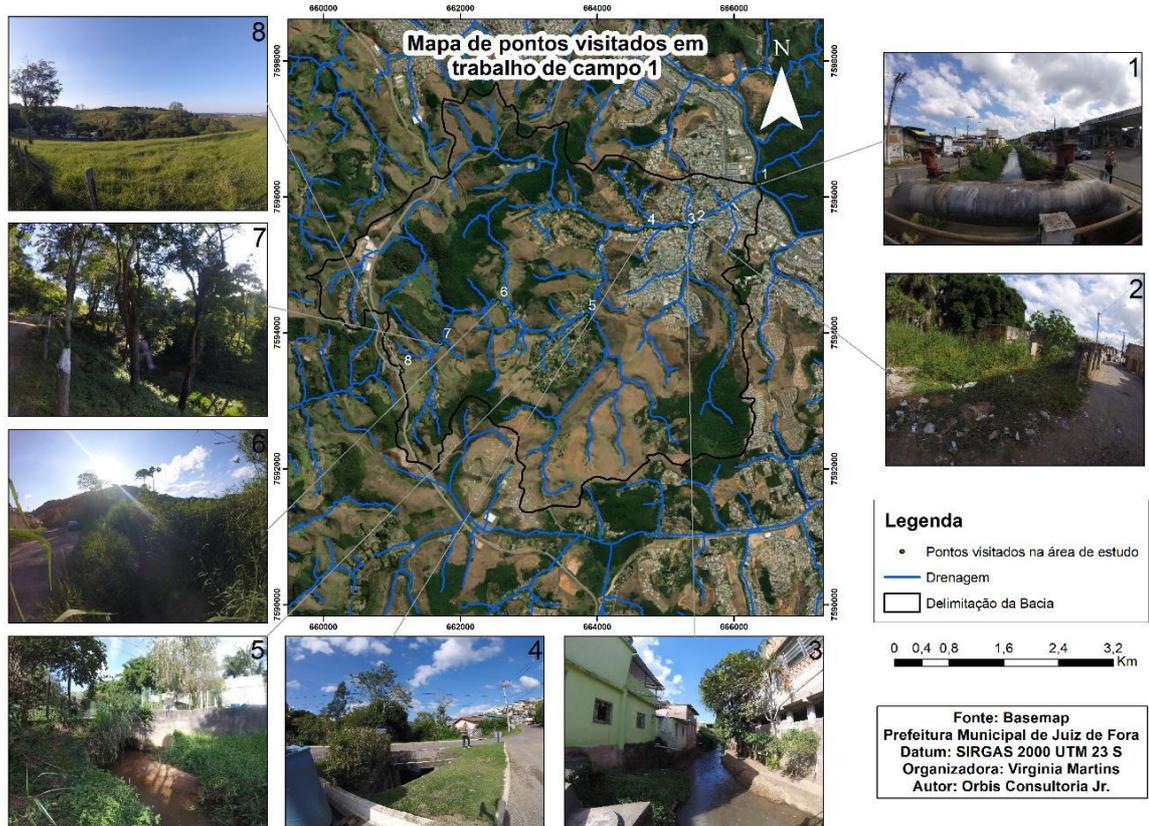
3.3 O RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO A PARTIR DO TRABALHO DE CAMPO

Os trabalhos de campo realizados tiveram como objetivo conhecer a área de estudo (bacia hidrográfica do córrego Humaitá), reconhecer as áreas mais modificadas por ações dos seres humanos e também os possíveis locais de ocorrência de inundação. Além disso, buscou-se também observar as condições socioeconômicas da população residente na bacia e as características das moradias.

O primeiro ponto observado (Figura 13) foi exatamente a foz do córrego Humaitá (confluência com o rio Paraibuna), que é marcado historicamente por inundações, no bairro Industrial. Essas inundações ocorrem quando o nível do rio Paraibuna se eleva, fazendo com que as águas do córrego Humaitá não consigam desaguar e se espalhem de forma perpendicular.

⁴ É um programa do governo federal que visa facilitar a aquisição da casa própria por famílias de baixa renda, indo de acordo com cada faixa de renda familiar (BRASIL, 2022).

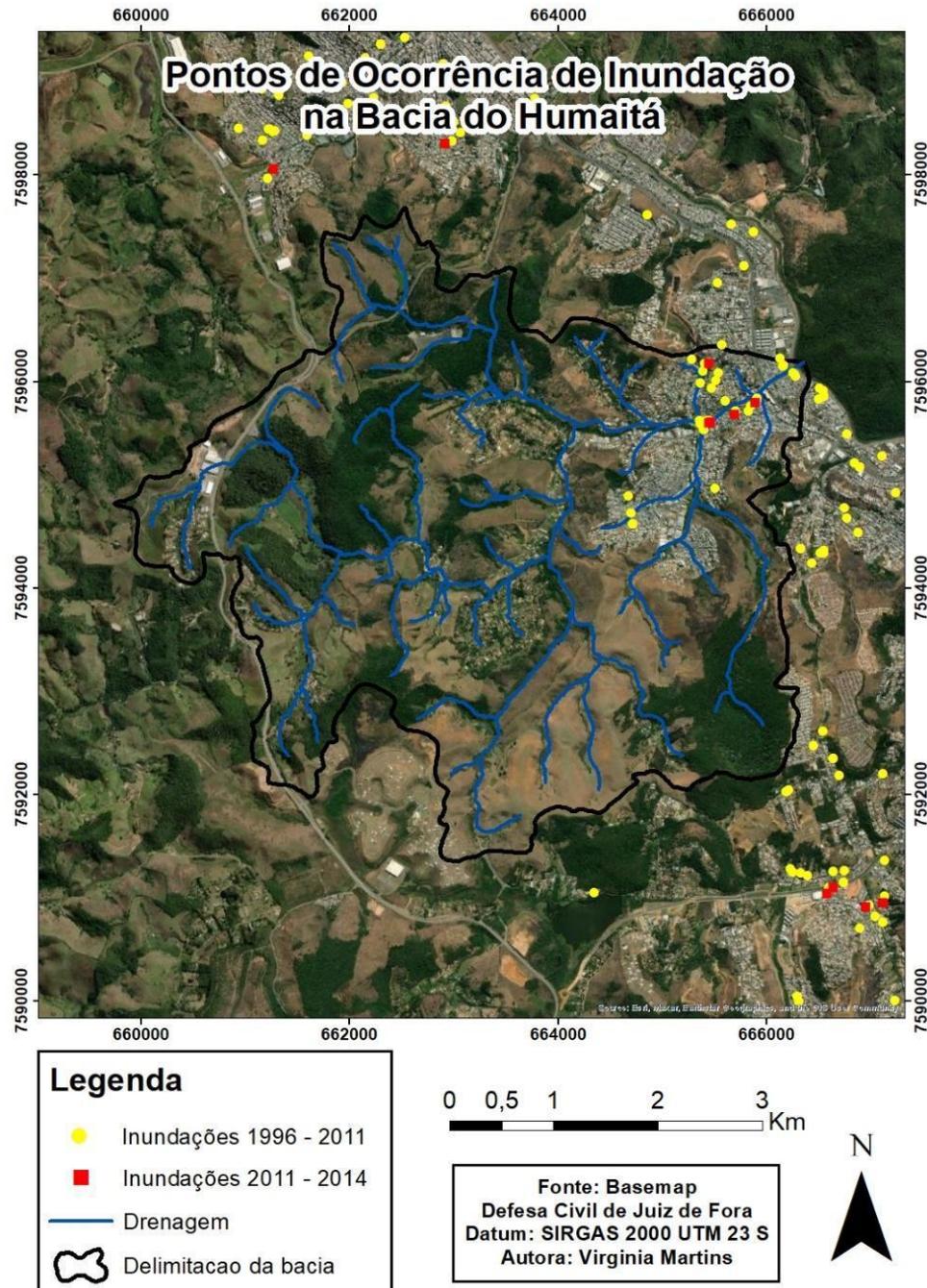
Figura 13 - Mapa de localização dos pontos visitados no primeiro trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Humaitá.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Tomando por base o mapa das ocorrências registradas pela Defesa Civil de Juiz de Fora entre os anos de 1996 e 2014 (Figura 14), as reportagens dos principais meios de comunicação da cidade e também os relatos em redes sociais no mesmo período (Figura 15), pode-se confirmar a existência de um padrão associado às ocorrências de inundações citadas.

Figura 14 - Ocorrências de inundações relatadas pela Defesa Civil entre os anos de 1996 e 2014.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Cabe salientar que esse ponto, no baixo curso da bacia do córrego Humaitá, é onde se dá uma ocupação mais intensa, fazendo com que os impactos associados à inundação apresentem uma tendência a ser mais intensos.

Figura 15 - Reportagem sobre inundações na foz do córrego Humaitá.



Fonte: Tribuna de Minas, 2016

Essa área de confluência entre a foz do córrego Humaitá e o rio Paraibuna possui uma ponte de carros e pedestres mais baixa. Pode-se observar, também, que nos encontros das águas há uma grande diferenciação de cores, onde as águas do Humaitá estão mais cinzas e as do Paraibuna marrom (Figura 16 A). A montante há a presença de tubulações de água passando por cima do canal e ainda, há diversas canalizações jorrando o que parece ser esgoto, devido ao forte cheiro exalado (Figura 16 B e C). Notou-se, por fim, uma grande quantidade de galhos estacionados embaixo da ponte citada.

Além disso, essa área de confluência é um local ocupado por casas, depósitos e lojas prestadoras de serviços como salões, lava jatos e posto de gasolina. Pelo padrão construtivo, verificamos que há ocupação por uma população de baixa renda (classe média baixa), cujas casas apresentam ora telhados de telhas coloniais, ora telhas de fibrocimento (ou amianto),

constituindo-se essas a maioria das coberturas residenciais. Vale ressaltar, ainda, que a maior parte das moradias é composta por dois pavimentos e muros com diferentes revestimentos (cerâmicas, rochas ornamentais, de argamassa chapiscada, entre outras), como mecanismo de evitar infiltrações e até umidade (Figura 16 D).

Figura 16 - A- Confluência entre o rio Paraibuna e córrego Humaitá. B- Casas na avenida Lucio Bitencourt e manilhas fluviais. C- Tubos de água e construções. D- Casas na Av. Lucio Bitencourt no bairro Industrial.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Já no ponto 2 da Figura 13, localizado no Bairro Jardim Natal, foram encontradas construções de moradias no leito do rio, moradias essas claramente mais humildes e, visivelmente, inacabadas (Figura 17 B e D), alvenaria ainda no tijolo, barracos feitos com restos de materiais de construções (Figura 17 D) e telhados de fibrocimento. Identificou-se também casas abandonadas e destruídas, provavelmente por inundações e até deslizamentos (Figura 17 A). O único ponto em que se consegue visualizar o leito do córrego nessa área é exatamente passando por dentro dessas casas [abandonadas] (Figura 17 C). No entanto, a movimentação e os olhares de desconfiança da população local não permitiram uma análise

detalhada, fazendo com que fosse necessário afastar-se do local. Nos outros pontos dessa margem o mato está muito denso e alto, o que impossibilita a observação do leito do córrego.

Souza e Romualdo (2009), em um artigo sobre as inundações ocorridas no bairro Jardim Natal, apontam conversas e entrevistas com a população, onde os moradores relatam condições presentes na paisagem fluvial exatamente como foram observados em trabalho de campo. Ao longo do campo, observou-se nos cursos d'água os lançamentos de esgoto *in natura* e a presença de resíduos sólidos em suas margens, o que provoca o aparecimento de insetos, ratos, baratas e outros animais transmissores de doenças (Figura 17). Consoante a isso, os autores (*op. cit.*) relatam também moradores com doenças de pele e intestinais por contato próximo a água do rio.

Figura 17 - A- Casa na margem do rio totalmente destruída por, provavelmente, inundação. B- Casas de construções mais humildes no bairro Jardim Natal. C- Leito do rio visto dentro da casa destruída. D- Margens do rio completamente tomadas por mato e casas inacabada.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

O ponto 3 (Figura 13) visitado em campo, está localizado na divisa entre os bairros Jardim Natal e Francisco Bernardino. Identificou-se nessa área uma parte residencial, com presença de pequenas lojas (mercados, pet shops e bares), e também uma parte com galpões, depósitos e grandes mercados. Observou-se situações bem semelhantes ao ponto 2: há muitas casas construídas nas duas margens do córrego Humaitá e todas possuem canos jorrando a água de uso doméstico direto para o canal, como mostra a figura 18 B. Constatou-se em especial, no momento da visita em campo, o despejo de água com sabão pela canalização de uma das casas. As casas apresentavam marcas de umidade e de antigas inundações. Verificou-se, também, casas com rachaduras e construções inacabadas em estrutura no tijolo.

Figura 18 - A- Casas populares no leito do córrego Humaitá com marcas de umidade e canos jorrando escotos. B- Casas na margem do córrego Humaitá com canos liberando água com sabão C- Leito do córrego Humaitá com uma casa marcada por umidade e com grandes rachaduras. D- Margens do rio completamente ocupadas por mato, casa inacabada e galpões.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Ficou claro, em trabalho de campo, que ao longo da bacia hidrográfica do córrego Humaitá há uma disparidade social e uma diferença na qualidade de vida da população. Há bairros, como os casos de Jardim Natal e Francisco Bernadino, em que estão presentes moradias populares, falta de infraestrutura, saneamento básico e cuidado com o rio. Entretanto, há também a presença de condomínios fechados de maior padrão, observados em campo em dois pontos (pontos 4 e 5 da figura 13): um no baixo curso e outro no médio curso.

Um exemplo visto em campo é o condomínio Vivenda das Fontes (Figura 19 A), no bairro Fontesville (Ponto 4). Mesmo não possuindo autorização para entrar no condomínio, foi possível verificar a diferença de construção pela imagem de satélite (Figura 19 B), constatando-se que todas as casas possuem telhas coloniais, muitas com piscinas e todo o condomínio com arruamento próprio. Nesse condomínio fechado também há presença de uma sub-bacia de 2ª ordem desaguando no rio principal (córrego Humaitá). Neste ponto do canal principal acessou-se relatos, imagens e marcas de inundações passadas. Mesmo observando parte das ruas e canalizações sendo destruídas pelo rio em ocorrência de maior vazão, os próprios condôminos reconstroem, já que essas partes pertencem a entrada do condomínio, como mostra a figura 19.

Figura 19 - A- Entrada do Condomínio Vivenda das Fontes. B- Imagem de satélite (Google) do condomínio Vivendas das Fontes. C- Entrada do condomínio Fazendinha Pedra Bonita. D- Imagem de satélite (Google) do condomínio Fazendinha Pedra Bonita.



Fonte: Google (2022) e elaborado pela autora (2022)

Outro condomínio visitado e também de alto padrão é o Fazendinha Pedra Bonita (Figura 19 C), no bairro Pedra Bonita, localizado no médio curso da bacia (Ponto 5). A entrada do condomínio está localizada justamente na confluência de duas sub-bacias de 3ª ordem, sendo naturalmente, uma área propícia a acumulação de água.

Ainda que a entrada no condomínio Fazendinha Pedra Bonita não tenha sido autorizada, a observação via satélite (Figura 19 D) e também o olhar para além da cerca que separava a rua do condomínio permitiram observar a presença de piscinas, campos de futebol, jardins e casarões. Há também bastantes lotes ainda vazios ou em construção. É importante salientar que os dois condomínios visitados nesse trabalho de campo possuem guaritas particulares, vigiadas 24 horas (Figura 19).

Avançando a montante da bacia hidrográfica do córrego Humaitá, nos pontos 7 e 8 (Figura 13), encontramos muitas áreas periurbanas⁵, com presença de pecuária e silvicultura, como mostra a figura 20 C e também áreas com matas secundárias (Figura 20 A e C). O ponto sete visitado conta com uma pequena cachoeira e se encontra totalmente cercado por arame farpado, sendo ocupado por pastagem. O canal formado após a cachoeira possui um recorte diferente aparentando ser feito pelo homem. Ainda nesse ponto, pode-se observar pontos de concavidade e os topos dos morros cobertos por pastagens e eucalipto.

Figura 20 - A- Cachoeira no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Humaitá. B- Sítios com plantações e pomares no bairro de Pedra Bonita. C- Área no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Humaitá a margem da BR-040.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

⁵ Áreas de expansão urbana que geram locais em que os usos urbanos e rurais se misturam (PEREIRA, 2013).

Na figura 20 C, representando o ponto 8, podem ser observadas cabeceiras bem preservadas com matas secundárias, plantações de eucalipto, presença de pasto e também de casas e arruamentos (Figura 20 B).

3.4 UM SEGUNDO OLHAR, UM SEGUNDO TRABALHO DE CAMPO

No segundo trabalho de campo, realizado no dia 27 de fevereiro de 2020, observou-se, em alguns locais, os padrões construtivos das casas, as estruturas urbanas e também as intervenções humanas no córrego Humaitá.

No ponto 1 (Figura 21), localizado na foz do córrego Humaitá (Avenida Lúcio Bittencourt), foi encontrado um canal totalmente canalizado, com pontes de pedestre bem baixas, o que dificulta o fluxo intenso no rio, observando-se também muitos resíduos sólidos no canal (Figura 21).

Figura 21 - Mapa de localização dos pontos visitados no segundo trabalho de campo na bacia hidrográfica do córrego Humaitá.

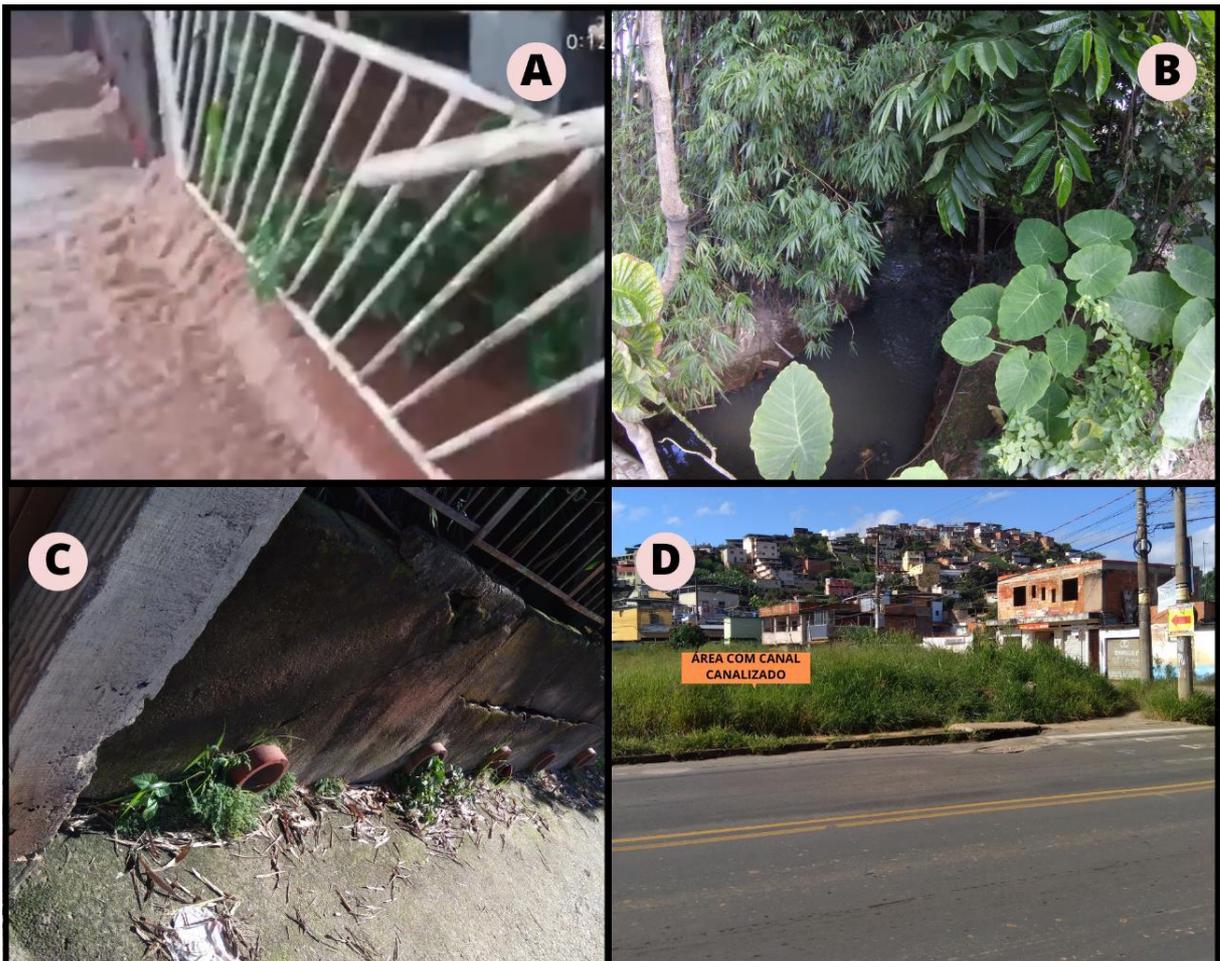


Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Nessa visita em campo, observou-se novamente o local de confluência entre três canais (ponto 2) e divisa entre os bairros Jardim Natal e Francisco Bernardino, para melhor verificação das intervenções humanas presentes. Essa retomada foi de suma importância para entender as ocorrências de inundações nessa localidade.

Foram identificados canais impermeabilizados e canalizados, como mostra a figura 22. A figura 22 D mostra que o rio está completamente “escondido” debaixo de ruas, calçadas e até casas. A única parte em que o rio está exposto (correndo a céu aberto) fica no interior de uma propriedade privada (Figura 22 B), propriedade esta que possui manilhas na calçada para facilitar a saída do fluxo em períodos de cheias (Figuras 22 C). Na Figura 22 A observa-se que somente elas não são suficientes.

Figura 22 - A- Cheia do rio, com a água ultrapassando o portão e manilhas da propriedade. B- Rio passando por dentro de uma propriedade privada. C- Pequenas manilhas construídas na calçada da propriedade que o rio passa. D- O rio está completamente escondido debaixo dessa rua, terreno baldio e parte das casas.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Mais um ponto de grande diferença de infraestrutura (ponto 3) apresentou-se entre os limites dos bairros Encosta do Sol e Milho Branco (Figura 21). No primeiro bairro há presença de prédios de construções recentes e melhor constituídos, além de casas com melhores estruturas. Já no segundo bairro nota-se ocupações de encostas e do leito do rio, grande parte das casas inacabadas e a presença de diversos galpões, inclusive de reciclagem de materiais (Figura 23).

Figura 23 - A- Casas populares no bairro Milho Branco. B- Casas populares no bairro Milho Branco visto de um galpão de reciclagem às margens do córrego Humaitá C- Prédios e casas no bairro Encosta do Sol. D- Galpões às margens do córrego Humaitá.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

No ponto 4 (figura 21) visitado em campo, identificou-se uma área de expansão urbana, confirmado pela existência de casas em processo de construção e condomínios de prédios residenciais que se encaixam no perfil do Programa Minha Casa, Minha Vida. Além disso, há também, no local, muitas outras casas populares.

E por fim, no ponto 6 (Figura 21) visualizou-se poucas moradias, mas com considerável área de pastos e áreas úmidas. Notou-se que a região é, possivelmente, uma área de expansão urbana devido a presença do condomínio Alphaville (pertencente a bacia hidrográfica do córrego São Pedro), e ainda arruamentos em construção e vias de acesso (Figura 21).

3.5 AS PERSPECTIVAS DE UMA SEMANA DE CHUVAS

Em março de 2020, após dias seguidos de chuva e, conseqüentemente, a ocorrência de um episódio de inundação, foi realizado um trabalho de campo pelas ruas atingidas (principalmente na foz do córrego).

No dia 03 de março de 2020, às 18 horas, as mídias *online* começaram a noticiar a inundação do córrego Humaitá. Com uma chuva de 70 milímetros, o rio Paraibuna subiu quatro metros e contribuiu para o aumento da cota de seus afluentes.

Depois de quase 48 horas de inundação, no dia 05 de março, enfim as águas do córrego Humaitá abaixaram e a população finalmente começou a limpar suas casas. Ao chegar na Av. Lucio Bitencourt (Figura 24 B), local mais afetado pela inundação, não identificou-se nenhum carro da prefeitura ou defesa civil auxiliando os moradores com informações ou limpeza. Nessa visita em campo, constatou-se que nas casas construídas em um nível mais alto da avenida, a água atingiu o quintal ou a garagem. Por outro lado, as casas e estabelecimentos, ao nível da rua, foram intensamente mais atingidos pelas águas e a lama. A inundação também chegou às ruas adjacentes sendo possível identificar que a rua mais afetada foi a Mário Nogueira (Figura 24 C), onde as marcas de lama estavam a aproximadamente 300 metros de distância das margens do rio. Uma diferença notada nessa rua, em comparação às ruas próximas, era o alto número de casas com seus móveis destruídos e amontoados na beira da rua. Essas casas eram todas ao nível da rua, com padrão construtivo mais simples e sem barreiras de proteção contra as inundações (Figura 24 C).

Figura 24 - A- altura que a água atingiu a casa. B- Rua tomada por lama. C- Rua Mario Nogueira com muita lama e móveis destruídos na rua. D- Ponte muito baixa que retém o fluxo de galhos e lixo.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Notou-se nessa visita em campo que as pontes estavam cheias de lamas e algumas ainda continham lixos retidos em sua estrutura. Uma moradora da região relatou que a construção dessas pontes muito próximas a água do rio dificultava o fluxo, principalmente em períodos mais chuvosos com o aumento da vazão.

A partir dessas observações em campo e o acompanhamento de matérias em vem se agravando cada vez mais (Figura 25).

Outro fator muito apontado pelos moradores foi o medo de dormir na madrugada do dia 04 de março por causa das notícias da abertura das comportas da represa de Chapéu D'Uvas, o que agravaria muito mais as inundações. Segundo a Companhia de Saneamento Municipal (CESAMA) as comportas não foram abertas mais que o normal (Figura 25 B).

Figura 25 - A- Reportagem do G1 sobre as inundações de março de 2020 na cidade de Juiz de Fora. B- Reportagem do Tribuna de Minas reafirmando as causas das inundações de março de 2020.

A

ZONA DA MATA

De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), foram registrados 46,8 milímetros de chuva em seis horas na cidade. Segunda a Defesa Civil, o total esperado para as últimas 24 horas era 50 milímetros.



Alagamento é registrado na Avenida Garcia Rodrigues Paes em Juiz de Fora — Foto: Jairo da Silva Nascimento/Arquivo Pessoal

Até o final da tarde, a Defesa Civil havia registrado ocorrências. A equipe da **TV Integração**, internautas e telespectadores flagraram imagens de alagamentos em diversos pontos da cidade como nos bairros Nova Era, Industrial, Democrata e Igrejinha.

B

03/2020

Paraibuna transborda, e prefeito transfere gabinete para a sede da Defesa Civil - Tribuna



Rua Mariano Procópio foi uma das ruas com alagamento (Foto: Leonardo Costa)

Mananciais

Em relação aos mananciais da cidade, Chapéu D'Uvas alcançou nesta quarta 91,1% de sua capacidade. João Penido e São Pedro operavam com 89,8 e 83,1, respectivamente. De acordo com a assessoria de comunicação da Cesama, mesmo com o alto percentual em Chapéu D'Uvas, o volume do Paraibuna está associado ao concentrado das chuvas e não aos trabalhos de controle do manancial.

Fonte: Portal Globo G1, acesso em 2022

O retorno à foz do córrego Humaitá após a inundação, uma semana após o segundo trabalho de campo executado, permitiu comparar a situação do rio e da área antes e após a ocorrência de evento. A figura 26 demonstra um comparativo entre o leito do rio e a avenida nas duas datas citadas (27 de fevereiro de 2020 e 05 de março de 2020). Com base nas imagens, é possível perceber após a inundação a destruição das grades de proteção às margens do rio, a erosão nas margens e diversas bocas de lobo danificadas, para além do acúmulo de lama no local

Figura 26 - A- Leito do rio em trabalho de campo em 27 de fevereiro. B- Leito do rio pós inundação no dia 05 de março.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

4 A ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA DAS INUNDAÇÕES

4.1 ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA FLUVIAL

A geomorfologia fluvial é uma das subdivisões da geomorfologia com enfoque, principalmente, na análise de bacias hidrográficas, considerando suas principais características. Os estudos contemporâneos dessa subdivisão valorizam a geologia, o clima, a hidrologia, as intervenções humanas, a geomorfologia e suas inter-relações. Além disso, a geomorfologia fluvial estuda outros processos como, por exemplo, o desenvolvimento das vertentes e de ordenamento territorial. Desta forma, considera-se não apenas os processos essencialmente fluviais, mas também os elementos e processos socioeconômicos, os conflitos de usos, as tomadas de decisões, entre outros (COELHO, 2007).

Todavia, no Brasil, a geomorfologia fluvial não tem sido incorporada aos projetos e estudos ambientais e muito menos ao monitoramento e ações preventivas na gestão de risco e impactos. Esse campo de estudos abre caminhos para uma visão de mundo na totalidade, onde a natureza será vista de forma integrada sem separá-la em partes. Stevaux e Latrubesse (2017), afirmam que os processos fluviais são os que garantem fisicamente a totalidade dos ecossistemas. Já Christofolletti (1980) afirma que os sistemas não atuam de forma isolada, mas sim de forma integrada aos demais ambientes que compõem partes de um todo. Assim, a abordagem sistêmica é essencial na geomorfologia para entender a dinâmica da natureza e também a relação entre esta e a sociedade.

Um sistema, em linhas gerais, é composto por elementos que se inter-relacionam. O sistema fluvial é considerado um sistema aberto, ou seja, troca energia e matéria com o exterior. Para Coelho Netto (2009), o sistema fluvial recebe energia do clima e das forças tectônicas e perde essa energia através dos sedimentos e da água.

Para Charlton (2007), os *inputs*, ou seja, as entradas no sistema fluvial de matérias são de água (a partir das precipitações), sedimento, materiais biológicos e solutos vindos de insumos atmosféricos, intemperismo e decomposição de matéria orgânica. Já o *input* de energia vem da força da gravidade. E a saída, o *output*, ocorre a partir da movimentação da água e do sedimento até a foz ou, em alguns casos, quando a água deixa o sistema por evaporação.

A autora afirma ainda que a principal unidade espacial do sistema fluvial é a bacia hidrográfica (CHARLTON, 2007). Stevaux e Latrubesse (2017), por sua vez, mostram que

um elemento dentro desse sistema pode ser considerado um sistema em si. Assim, uma bacia hidrográfica de primeira ordem pode ser analisada como um sistema único ou parte de outro sistema de ordem superior. Logo, ao estudar um sistema fluvial, se faz necessário considerar as variações espaciais e temporais de cada um.

Kohler (2002) indica que a abordagem espaço-temporal é necessária para análise de diferentes cenários ambientais. Para o autor, em geomorfologia, o tempo é a percepção da gênese e da dinâmica do relevo. Para entender a evolução do relevo terrestre e suas relações dentro do espaço, faz-se necessário dispor de uma perspectiva escalar. Assim, Kohler (2002) afirma que quanto menor for uma escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico (da deriva continental, por exemplo), mais lenta será sua transformação. Portanto, quanto menor for a escala espacial de observação, maior será a influência dos processos endógenos e maior será a escala temporal (tempo geológico). Já nas maiores escalas espaciais haverá maior influência dos processos exógenos, aproximando-se das escalas temporais atuais, como nos estudos dos sistemas fluviais (KOHLENER, 2002).

A bacia hidrográfica é definida por Villela e Mattos (1975) como uma área, estabelecida topograficamente por seus divisores ou interflúvios, drenada por um sistema de cursos d'água onde toda vazão deságua em uma simples saída. Os divisores de água separam as precipitações que caem nas bacias vizinhas e essas linhas divisórias passam pelos pontos de máxima cota entre as bacias, mas não impede que dentro de uma bacia sejam encontradas cotas mais elevadas.

Setevaux e Latrubesse (2017)⁷ observam que a bacia de drenagem representa toda a área de captação da água pluvial escoando a partir de diversos fluxos tanto superficiais (acanalado ou não) e subsuperficiais. A rede hidrográfica, por sua vez, é formada por um rio principal e por seus tributários contendo uma rede de canais que transportam água e sedimento. Entretanto, os autores ressaltam que a bacia de drenagem “(...) inclui, além dos canais, outros tipos de escoamento (subterrâneo e laminar de vertente)” (p.60).

Os rios, as planícies, os canais fluviais, as nascentes, assim como os divisores d'água, são elementos que estruturam a rede de drenagem. Os rios são agentes de erosão e transporte, ou seja, removem a água e os sedimentos da superfície terrestre aos oceanos. Assim, ao realizar o trabalho de erosão e transporte, os rios desenvolvem uma variedade de redes e canais e formam uma bacia hidrográfica (KNIGHTON, 1984).

Em se tratando de sistemas fluviais, Charlton (2007) indica que são influenciados por o clima, a cobertura vegetal, a geologia e topografia. Para Christofolletti (1981), um sistema fluvial retrata a textura topográfica, portanto, “a interação entre os rios e os afloramentos litológicos determinam a forma geral da paisagem” (p.107).

Charlton (2007) classifica alguns tipos de sistemas como: o morfológico, em cascata e processo-resposta. O sistema morfológico pode ser relacionado às formas dos canais, planícies e encostas, onde a forma de cada componente está relacionada à forma de outros componentes. O sistema em cascata pode se referir ao fluxo de água e de sedimento através do sistema morfológico, assim, os fluxos seguem caminhos interconectados, ou seja, da encosta até os canais e depois através das redes de drenagem. Por fim, o sistema de processo-resposta responsável por descrever as interações entre os processos do sistema cascata e morfológico, a partir das variáveis de controle. Christofolletti (1999) ainda aponta outras tipologias de sistemas, como os sistemas simples, sistemas complexos, mas não organizados, e sistemas complexos e organizados.

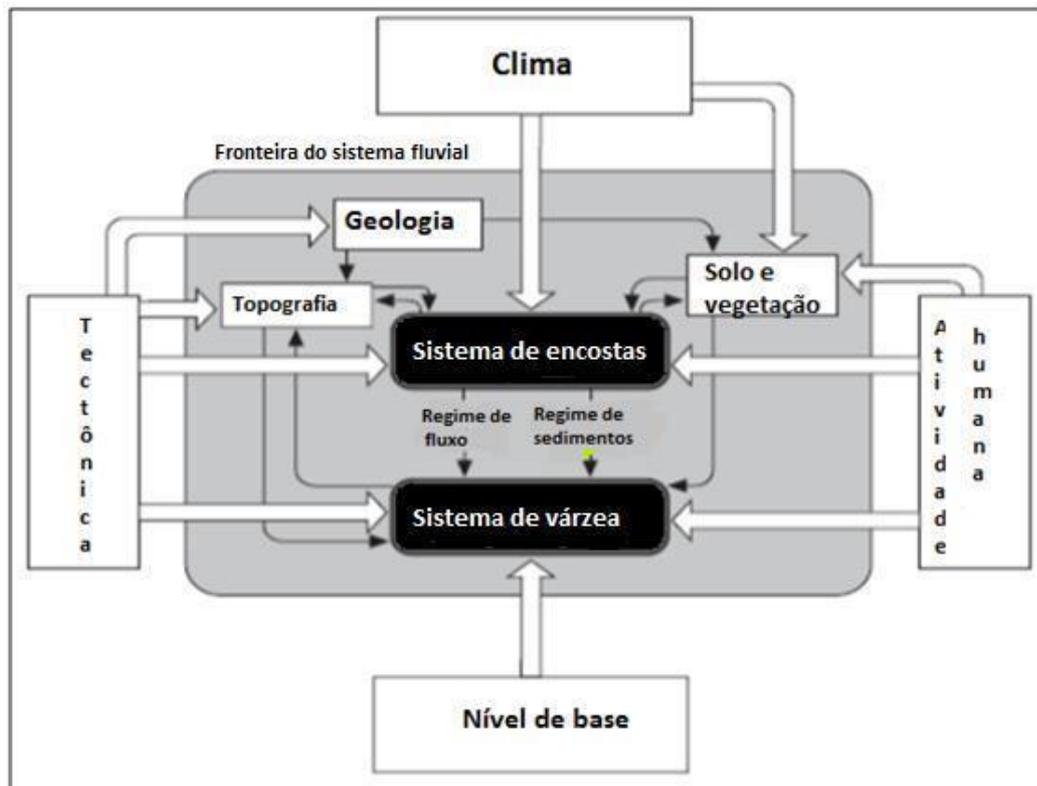
As variáveis de controle do sistema podem ser externas ou internas. As principais variáveis externas são relacionadas ao clima, principalmente a longo prazo e sazonais, e ao nível de base, constituindo-se no nível abaixo que o canal pode correr (este disponibilizará mais energia para impulsionar os fluxos); além também da tectônica, que é um conjunto de elementos, forças e processos que podem formar e fragmentar rochas e que atuam em uma escala geológica que gera e/ou tira energia do sistema onde a mudança será reestruturada internamente. A partir da tectônica conformará uma morfologia que poderá ser concentradora ou dispersadora de água. Ou seja, a tectônica pode promover lugares a suscetibilidade ou não à inundação. É possível identificar o tectonismo, por exemplo, a partir de mudanças na direção do canal, trechos mais retilíneos e meandros em ângulo reto (CHARLTON, 2007; STEVAUX E LATUBRESSE, 2017).

Outra variável controladora é a atividade humana, que afeta os fluxos, produz sedimentos, altera as formas dos canais a partir de obras de engenharia e controla as inundações. Charlton (2007) afirma que a atividade humana pode ser considerada uma variável interna ou externa. Ressalta também que hoje existem poucos rios que não foram afetados, direta ou indiretamente, pelas intervenções humanas. As primeiras alterações realizadas pelos homens no sistema fluvial começaram a ser implementadas para fins de irrigação e controle de inundação. Com a intensificação da agricultura e posteriormente com a

industrialização e urbanização, a ocupação das planícies foi intensificada, demandando uma maior geração de energia (surgindo mais barragens), além de intervenções como pontes, canalizações, interceptações de água, transposições e entre outros (SETEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

Vale observar que algumas variáveis controlam o ajuste de outras variáveis (dependentes). Assim, todas as variáveis internas são ajustáveis, pois a operação é regulada pelas variáveis externas (Figura 27). Entretanto, Charlton (2007) indica que as internas também podem influenciar nas variáveis externas. Um exemplo que a autora apresenta é o padrão de drenagem (variável dependente) que é afetado pelo suprimento de sedimentos (variável dependente) que por sua vez pode ser controlado pela cobertura vegetal.

Figura 27 - Esquema de variáveis do sistema fluvial.



Fonte: Adaptado Charlton (2007)

Quando uma variável altera uma ou mais variáveis temos o *feedback*, que atuará para neutralizar ou reforçar os efeitos das mudanças ocorridas. Ele pode ser negativo, ocorrendo quando algum controle externo é alterado e o sistema se recupera e amortece os efeitos, ou seja, neutraliza essas alterações. Com isso, o *feedback* negativo faz voltar, paulatinamente, o sistema para sua condição original. Por exemplo, um soerguimento tectônico pode provocar

um aumento da declividade e conseqüentemente acelerar a velocidade do fluxo, intensificando a erosão, que a longo prazo rebaixará o relevo fazendo com que o sistema perca sua capacidade erosiva. Isso ocorre quando o impacto não é gerado com muita energia em um sistema de maior resiliência. Já o *feedback* positivo aprimora a alteração se afastando de um estado de equilíbrio. Isso ocorre quando há mais energia em cada ciclo de alteração do sistema. Cabe salientar que o limite para o sistema ser alterado depende da sensibilidade do sistema (CHARLTON, 2007).

Christofoletti (1999) afirma que quando os processos extremos são mais intensos que a resiliência do sistema, este não consegue voltar ao estado antecedente ao distúrbio e passa a se encontrar em um estado de desequilíbrio, provocando alterações nos fluxos de matéria e energia enquanto o sistema se reorganiza e chega novamente ao estado de estabilidade.

A resiliência do sistema está relacionada à sua estruturação, apresentando-se em níveis hierárquicos. Do ponto de vista de uma bacia hidrográfica, a hierarquização desses sistemas se dá a partir da hierarquização fluvial.

A hierarquização da bacia hidrográfica mais seguida é a que classifica a ordem inferior para as cabeceiras e à medida que os tributários se conectam uns aos outros em direção à foz, recebem ordens mais elevadas. A técnica mais usada, adotada também nesse trabalho, é a de Strahler (1952), onde os tributários de cabeceiras são de ordem 1 e a junção de dois canais de mesma ordem acarreta um canal $X+1$. Quando dois canais de ordem diferentes se encontram, permanece a ordem de maior valor.

A hierarquia fluvial é um elemento que mostra não apenas a estrutura do sistema, mas também é um forte elemento indicativo da fisiologia da paisagem, pois as redes de drenagens são dinâmicas e canais são formados a todo momento. Um canal que é de primeira ordem hoje pode ser de segunda ordem daqui alguns milhares de anos.

Para se entender a evolução da rede de drenagem, é preciso possuir informações sobre condições prévias da bacia, características ambientais, processos atuantes e uma escala temporal variada. A formação da rede de drenagem é complexa, mudando e se transformando ao longo do tempo. Assim, a formação da rede de drenagem fundamenta-se na eficiência da drenagem e também na energia despendida (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

A formação dos canais pode ocorrer por diversos processos. Os principais, relatados na literatura sobre o tema, são: saturação da capacidade de infiltração do solo, por escoamento

subsuperficial erosivo, *sapping*, escoamento hortoniano e escorregamento de vertentes íngremes (KIGHTON, 1984).

Ao entrar na bacia hidrográfica, a precipitação segue diferentes trajetórias. Parte evapora, outra parte é captada pela vegetação, parte infiltra e outra parte escoam superficialmente. A infiltração da água da chuva no solo dependerá de diversos fatores como, primeiramente, a força da gravidade, a vegetação, a permeabilidade (relação com a porosidade do solo), a viscosidade do fluido, entre outros. Esses fatores formam a capacidade de infiltração⁶ que o solo possui e este, uma vez saturado, produz o escoamento superficial das vertentes para os cursos d'água (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017; VILLELA E MATTOS, 1975). O fluxo por saturação, segundo Charlton (2007), ocorrerá mais onde o lençol freático for raso, pois a partir da precipitação ele tem seu nível elevado e a formação de áreas de saturação, atuando como uma extensão de canais.

Cabe ressaltar que nem todo escoamento superficial ocorre a partir da saturação do solo, pois quando a intensidade da precipitação é maior que a taxa de infiltração ocorre o fluxo hortoniano. Após um período de seca, a capacidade de infiltração será bem maior no início de uma precipitação e diminuirá com a continuidade da chuva, até atingir uma taxa de infiltração constante (CHARLTON, 2007).

Ainda para o modelado geomorfológico, há a contribuição do escoamento subsuperficial que ocorre nas camadas abaixo das raízes controladas pela permeabilidade do solo. E também há o escoamento subterrâneo, que ocorre quando o solo já está saturado, ou seja, quando os poros estão totalmente preenchidos e assim, são rompidos pela massa líquida que se desloca pela força da gravidade. Esta última contribui para o lençol freático e ajuda a manter o fluxo de água constante nos canais (COSTA, 2017; STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

4.2 A INUNDAÇÃO ENQUANTO UM PROCESSO HIDROGEOMORFOLÓGICO

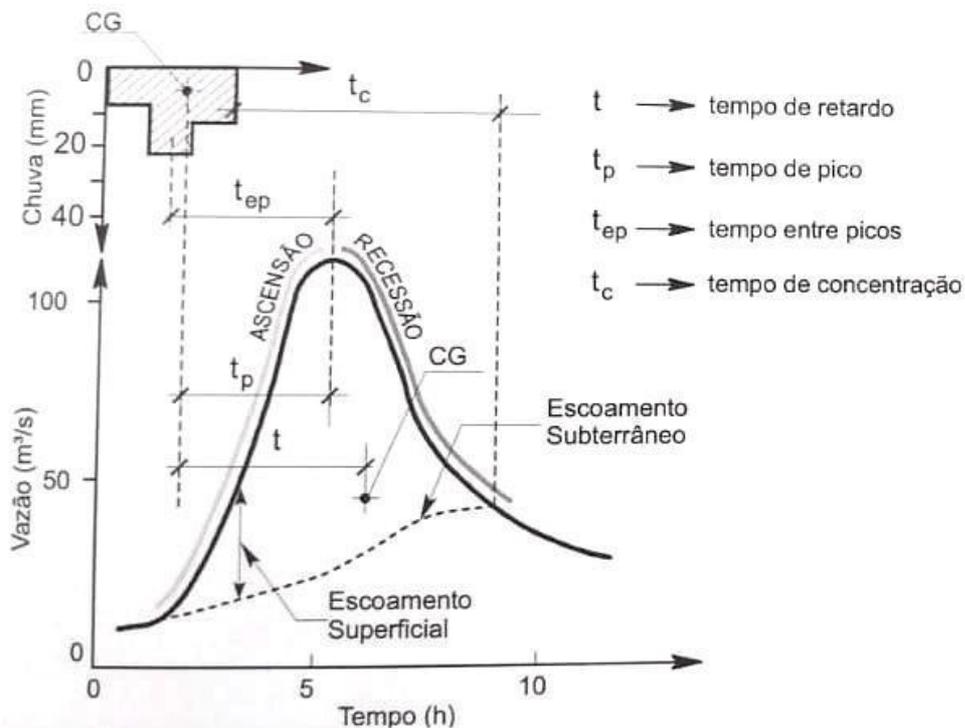
Com o início da precipitação, a água escoam de três maneiras diferentes: escoamento superficial, subsuperficial e o escoamento subterrâneo, todos atuando no aumento das vazões. Para Villela e Mattos (1975) a vazão é “o volume escoado por uma unidade de tempo” (p.103)

⁶ A quantidade de água que o solo tem condições de absorver dependerá das características do solo, do seu uso e também da umidade do solo provocada por chuvas passadas.

e é medida em m^3 por segundo. A vazão, assim, é abastecida a partir dos fluxos de chuva e o fluxo de base (alimentado pelas águas subterrâneas constituindo-se no que mantém o fluxo canalizado nos períodos de seca).

Consoante a isso, Collischonn e Dornelles (2013) afirmam que a bacia é um sistema que transforma chuva em vazão. Essa transformação é observada a partir do hidrograma de cheia, ou seja, um gráfico que mostrará o comportamento do escoamento fluvial a partir de uma precipitação efetiva (Figura 28). Desta forma, com base na análise de uma seção transversal de um rio, observa-se a dinâmica da vazão (máxima e mínima) a contar de uma precipitação em um período de tempo. A condição inicial de uma hidrógrafa de cheia possui contribuição única do fluxo de base. Para Stevaux e Latrubesse (2017), a curva de um hidrograma de cheia é afetada pela magnitude e intensidade da precipitação, pelas condições anteriores de umidade, pela forma do relevo da bacia, pelas características do fluxo de base, pelo uso e ocupação da terra, pelo tipo de rocha, entre outros.

Figura 28- Hidrograma de cheia



Fonte: Collischonn e Dornelles, 2013.

Charlton (2007) ainda explica que durante um evento de chuva existe um atraso entre o início da precipitação e o aumento da descarga de fluxo⁷. De acordo com a autora, o primeiro aumento de descarga que ocorrerá será a água que cai direto no canal ou bem próximo a ele e conforme a precipitação avança, as águas que foram precipitadas longe dos canais também chegam ao rio. As proporções do fluxo de base (águas subterrâneas) determinam o tempo de atraso entre o pico da precipitação e o pico do fluxo, ou seja, onde predomina fluxo rápido, o tempo de retorno é menor.

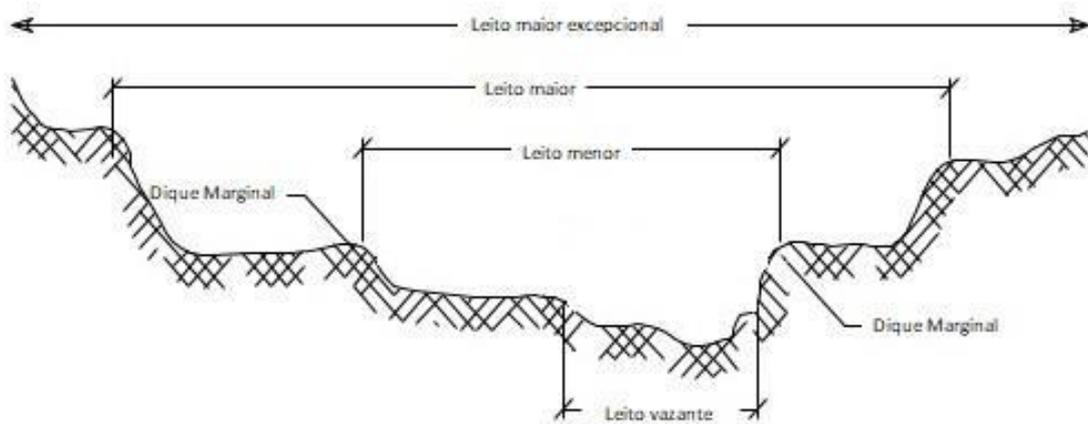
Assim, para Charlton (2007), o regime de vazão de um rio é influenciado pela distribuição sazonal das precipitações e pelo equilíbrio entre estas e a evaporação, ou seja, está relacionado ao clima. Além disso, também é influenciado pela geologia e solo, isto é, textura do solo, permeabilidade do solo e da rocha (quanto mais permeável for, mais lenta será a resposta ao fluxo).

Outros fatores que influenciam o regime de vazão de um rio são a vegetação e o uso da terra, que podem reduzir ou não o impacto da chuva, aumentando ou não a taxa de infiltração do solo. É importante observar que a descarga varia não somente ao longo do tempo, mas também ao longo do rio, ou seja, na maioria dos casos, a descarga aumenta a jusante ampliando também a área da bacia de drenagem, tendo assim mais confluências entre os tributários (CHARLTON, 2007).

Coelho (2007) indica que um leito fluvial condiz com a área ocupada pelo escoamento das águas e dos sedimentos, sendo proporcional à frequência das descargas e da topografia dos canais fluviais. Sendo assim, apresentada por Cunha (2009) e Christofolletti (1976), a proposta de Tricart (1966) para os tipos de leitos são: vazante (por onde correm as águas acompanhando o talvegue), menor (leito encaixado entre as margens), leito maior (sendo ocupado pela água durante as cheias) e, por fim, o leito maior excepcional (ocupado pelas águas durante as cheias excepcionais), como mostra a figura 29.

Figura 29 - Tipos distintos de leitos

⁷ Volume de água que passa em uma determinada seção transversal do canal em um determinado momento (CHARLTON, 2007).



Fonte: Adaptado Christololetti, 1976.

A velocidade das águas de um rio dependerá da declividade do perfil, do volume das águas, do atrito entre o canal e a água, da inclinação do canal, além de sua rugosidade. Ela varia ao longo do tempo, do perfil longitudinal, da seção transversal e também da coluna d'água (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). Já a eficiência do fluxo será influenciada por qualquer obstáculo que houver ao longo do canal; assim, quanto mais lisa for a calha, maior será a eficiência do fluxo. Deste modo, a velocidade e o fluxo (turbulento ou laminar) de um rio influenciarão no transporte de carga sedimentar em suas diversas formas, de acordo com a granulometria das partículas (tamanho e forma) (COELHO, 2007).

Cunha (2009) afirma que o fluxo fluvial ocorre através das descargas líquida (ou vazão), sólida e dissolvida. A primeira é definida a partir da relação entre a área da seção do canal e a velocidade da corrente, já a segunda possui participação direta da chuva e da cobertura vegetal erodindo a encosta e, assim, ampliando a carga sólida do canal.

A velocidade e o fluxo são responsáveis pela erosão, transporte e deposição dos sedimentos ao longo da rede de drenagem. Essas características fluviais representam o trabalho gerado pelos rios. O trabalho fluvial ocorre a partir da energia total do fluxo. Esta, por sua vez, é a soma entre a energia potencial, energia pressão hidrostática e a energia cinética (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). Logo,

“Das cabeceiras até a desembocadura, todo e qualquer canal fluvial representa um sistema no qual a energia potencial, fornecida pela quantidade de água em determinada altitude, é convertida em energia cinética da água fluindo e dissipada na fricção criada nas paredes delimitantes do canal (Leopold, Wolman e Miller, 1964, p. 268). O fluxo da água, de montante para jusante, representa gasto de energia; à medida que se aproxima da foz, a

transformação da energia processa-se simultaneamente com o aumento da entropia” (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 115).

Mesmo a energia total sendo importante para a evolução da paisagem, é relevante salientar a distribuição da energia ao longo do rio, isto é, a distribuição de energia à disposição dentro do próprio sistema e não a energia total de todo o sistema. A energia total é usada para medir a energia do sistema em produzir trabalho. Assim, quanto maior a entropia, menor será a energia disponível para o trabalho (erosão, transporte e deposição) (ROCHA, 2011).

A disponibilidade de energia necessária para um rio realizar seu trabalho, depende da descarga do fluxo e da inclinação do canal. Charlton (2007) afirma que o aumento desses fatores amplia também o potencial de trabalho geomorfológico do rio. A autora ainda indica que a maior parte da energia gasta pelos rios é demandada para mover a água através dos canais, mais até que para erosão e transporte. Isso ocorre devido às resistências ao fluxo como redemoinhos e turbulências, que são causados por atritos entre a água e as margens do canal, por exemplo, e também através do movimento do fluxo em curvas. Dessa maneira, “estima-se que 95% da energia de um rio seja utilizada na superação da resistência ao fluxo, deixando apenas 5% para realização de trabalhos geomorfológicos” ⁸ (CHARLTON, 2007, p. 6, tradução nossa).

A partir do perfil longitudinal, percebe-se a importância da atividade fluvial para o modelado terrestre. O perfil mostra a declividade do rio, sendo uma relação entre a altitude e o comprimento do curso d'água em seções da nascente à foz. O formato clássico de um perfil é côncavo para o céu, ou seja, mais declivoso em direção as cabeceiras e suavizando em direção a jusante. Esse formato é chamado de “perfil de equilíbrio”, pois representa a maturação do rio (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Assim, o perfil longitudinal pode ser concebido a partir de mapas topográficos, sendo esses as bases para identificar declividade, níveis de bases (locais e regionais) e a morfologia do canal (COELHO, 2007). Para Setevaux e Latrubesse (2017), o perfil longitudinal reflete o estado de equilíbrio ou desequilíbrio do canal com suas variáveis determinantes. Desse modo, um perfil equilibrado terá suas variáveis mais estáveis ao longo do tempo com uma eficiência superior no transporte de carga não degradando, assim, o canal.

⁸Tradução nossa. “It is estimated that 95 per cent of a river’s energy is used in overcoming flow resistance, leaving just 5 per cent to carry out geomorphological work.”

Os cursos de água modificam os leitos a partir de erosão e deposição, em outras palavras, executando trabalho. Para isso, a velocidade da água é fundamental. A velocidade é controlada por fatores como declividade, volume d'água e também profundidade do canal. Parcelas do rio com maior declividade (principalmente nas cabeceiras) tendem a ter maior velocidade e desta forma transportar materiais mais grosseiros; ao atenuar a declividade, a tendência é diminuir a velocidade e assim a capacidade de trabalho diminuir havendo depósito, possibilitando apenas o transporte de materiais mais finos (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Isto é, o processo de erosão, transporte e deposição de um sistema fluvial variam no decorrer do tempo e, espacialmente, são interdependentes, resultando não apenas das mudanças do fluxo, como também da carga existente. Portanto, quando se faz uma análise geral de uma bacia hidrográfica, não se pode considerar os processos (erosão transporte e deposição) separadamente, além de outros elementos que interferem na dinâmica e funcionamento desse sistema (COELHO, 2007, p. 21)

Em relação ao volume de água, em uma mesma vazão, quanto maior for o volume, menor será a velocidade, ocorrendo o transporte de materiais mais finos. E por fim, uma maior profundidade influenciará em uma menor área de atrito entre o canal e a massa d'água. Logo, à montante, a capacidade de trabalho é alta, entretanto a carga detrítica a ser transportada é baixa e, por outro lado, à jusante, a capacidade de trabalho é baixa com grande carga detrítica a ser transportada observando-se e assim um maior trabalho para ser executado, ou seja, uma maior carga para transportar (CHRISTOFOLETTI, 1981). Desta maneira, a redução do gradiente é seguida por um aumento da descarga, permitindo a continuidade do transporte da carga detrítica nos trechos de menores gradientes (mudando a textura da carga) (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

Entretanto, Stevaux e Latrubesse (2017) afirmam que um perfil equilibrado possui rara ocorrência na natureza. Desta forma, o perfil longitudinal se torna adequado para comparar seu estágio de desequilíbrio com o equilíbrio teórico. Os autores listam fatores que contribuem para alteração de um perfil longitudinal, como: aumento da cobertura vegetal, produção de sedimentos, subida do nível de base do mar, eventuais eventos neotectônicos e o tipo de rochas e estruturas que sucedem ao longo do canal.

Para Charlton (2007), um sistema em estado de equilíbrio dependerá do fator tempo. De acordo com a autora, existe o equilíbrio estático, em que o sistema está em equilíbrio por um curto espaço de tempo (horas), o estacionário, quando se observa algumas mudanças do

sistema ao longo de décadas e, por fim, o equilíbrio dinâmico em escalas de tempo longas (centenas e milhares de anos), quando a erosão diminui gradualmente e tende à diminuição da elevação do canal.

Stevaux e Latrubesse (2017) ressaltam que as transformações feitas pelos seres humanos nos últimos séculos nos sistemas fluviais ainda não tiveram tempo suficiente para modificar o perfil longitudinal dos grandes rios. Assim, Knighton (1984), reitera que o comportamento do sistema fluvial retrata o efeito integrado do clima, geologia, uso da terra, fisiografia da bacia, sendo responsáveis, em conjunto, por determinar o regime hidrológico e a quantidade e tipo de sedimentos produzidos.

Nas zonas de baixa energia do canal, as planícies de inundação são áreas próximas ao canal do rio inundadas pelas cheias. As planícies possuem relações hidrológicas, sedimentológicas e ecológicas com o sistema fluvial. Stevaux e Latrubesse (2017) afirmam que são áreas predominantemente deposicionais. Há, portanto, algumas definições de planícies: a denominada hidráulica representa a superfície ao lado do canal que inunda em um determinado tempo de retorno, independentemente se é aluvial ou não; já a planície de inundação genética é formada a partir de um relevo aluvial em grande parte horizontal sendo adjacente a um canal, ou seja, é separada do canal por margens construídas com sedimentos transportados pelo regime de fluxo predominantemente atual (NANSON E CROKE, 1992).

Desse modo, as planícies genéticas formadas por depósitos de sedimentos pretéritos são, geralmente, reconhecidas como terraços aluviais. Entretanto, Nanson e Croke (1992), observam que essa separação é muito mais complexa. Os autores discorrem sobre as planícies de inundações polifásicas, onde se encontram depósitos antigos na planície e atual no terraço em decorrência de processos modificados por mudanças climáticas, no nível de base e até no uso da terra.

Stevaux e Latrubesse (2017) definem as planícies aluviais como unidades geomorfológicas enquanto a planície de inundação “é um mosaico variado de subambientes com distintos graus de conexão hidrológica com o canal e construídos pelo cinturão aluvião (...)” (p.198). Para os autores, as primeiras possuem um limite bem definido que será o contato geológico, ou seja, entre os materiais aluviais e as rochas e sedimentos, tendo assim tamanhos variados podendo apresentar dezenas de metros a milhares de quilômetros (dependendo das condições climáticas e dos estilos fluviais).

Na planície aluvial, a ocorrência e a intensidade da inundação são variáveis, enquanto, na planície de inundação, a definição é incerta já que possui um período de recorrências para estas. Ainda na planície aluvial, mesmo sendo formada por depósitos relacionados à dinâmica atual do sistema, pode ser um grande arquivo morfossedimentar (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). Para fins deste trabalho, optou-se por utilizar o termo planície de inundação.

Segundo Stevaux e Latrubesse (2017), o desalinhamento com os usos das classificações das planícies acaba gerando determinações errôneas, como nas leis brasileiras. Nas leis ambientais do Brasil não se considera as peculiaridades e também a morfologia das planícies, ou seja, a planície é definida sem critério geomorfológico e sim com o critério hidráulico. Com isso, as leis acabam incluindo nas planícies unidades rochosas antigas não aluviais por serem eventualmente afetadas por inundações. Essa abordagem acarreta diversos problemas físicos, sociais e econômicos.

Assim sendo, fatores como cobertura vegetal, morfologia, a relação da planície com o vale e com terraços e também seu tamanho influenciam na formação e na dinâmica de uma planície de inundação. As planícies são as áreas mais intensamente ocupadas, tanto para agricultura como na área urbana, justamente por serem áreas mais planas, ter proximidade com corpos d'água e possuírem solos relativamente mais férteis (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017).

A principal variável atuando na planície de inundação é a cheia; a partir dela é ativado o sistema rio-planície. Dependendo de sua intensidade, permanência, tempo de recorrência, quantidade e qualidade da carga de fluxo, determina-se a morfologia e a dinâmica das planícies. Já a disponibilidade de sedimentos e o regime hidrológico são imposições do canal na planície (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). No entanto, apesar de se inter-relacionarem, o canal e a planície de inundação são sistemas que possuem dinâmicas hidrológicas diferenciadas (MORAIS, 2010).

Os processos deposicionais por justaposição lateral e vertical são responsáveis pela formação da morfologia da planície de inundação, tendo, em sua composição, a predominância de materiais finos. Em Morais (2010), é indicado que o material, seu tamanho e textura, resultará da estrutura geológica que se encontra no sistema fluvial e também da interferência humana. A morfometria da planície de inundação, por sua vez, dependerá da competência do sistema da deposição em momentos passados.

Para Christofolletti (1981), a justaposição lateral é formada pelos materiais da carga do leito e decorrem da migração do canal fluvial. Já os depósitos de justaposição vertical são formados pela sedimentação da carga detrítica em suspensão sobre planície. O autor ressalta que é possível observar na paisagem a contribuição para o aumento da altitude da planície de inundação nos dois tipos de depósitos. Ainda demonstra que há outros tipos de depósitos para além desses como colúvio, colmatagem de canais, recobrimentos, entre outros.

Quando as águas do rio se elevam para além das margens, os sedimentos são depositados na planície de inundação, que vai paulatinamente inundando (HARDY, 2006). Assim, as planícies afirmam-se como de suma importância para o sistema fluvial, pois apresentam a interação entre os processos aquáticos e terrestres, sendo as principais geradoras de nutrientes e matéria orgânica para o sistema. Além disso, acumulam água e amortizam os picos de vazão (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). Para Hardy (*op. cit*), a qualidade do ecossistema das planícies de inundação dependerá da dimensão e da frequência das inundações.

O progresso das inundações está relacionado com a dinâmica dos processos hidrológicos como a precipitação, a infiltração, o escoamento superficial (fatores transitórios) e também a morfometria da bacia e a geologia (fatores permanentes). Portanto, todo rio possui uma área natural de inundação, a planície de inundação (DAMASCO, 2014).

Segundo Villela e Mattos (1975), por serem naturais, as inundações são provocadas pelo aumento da vazão a partir da magnitude dos picos de chuva, da erodibilidade do solo e de como ocorre o escoamento superficial na superfície da bacia hidrográfica. Para isso, deve-se considerar as características físicas da bacia como forma, área e ordem além das características do relevo da bacia como a topografia e a declividade.

A definição dos termos de inundações e enchentes varia de acordo com os autores. Para Goerl e Kobiyama (2005), Amaral e Ribeiro (2009), entre outros, os termos são distintos. De acordo com esses autores, o fenômeno da enchente ocorre quando a vazão do rio aumenta e atinge o leito maior do rio, ou seja, atinge as suas margens; e o de inundação ocorre quando as águas do rio atingem o leito excepcional, como mostra a figura 30.

Figura 30- Perfil esquemático de diferenciação entre enchente e inundação



Fonte: IPT, 2007

Em contrapartida, autores como Stevaux e Latrubesse (2017) e Tucci (1995) afirmam que inundações e enchentes são termos sinônimos e ocorrem quando as águas do rio ocupam o leito maior do rio a partir de eventos chuvosos extremos. No presente trabalho se assumirá o termo de inundação seguindo a literatura internacional em *flood* ou *flooding*, sendo os dois utilizados para inundação (o primeiro como substantivo e o segundo proferir sobre o processo de inundação).

Para Charlton (2007), o termo inundação é de difícil definição, mas em geral refere-se a vazões relativamente altas que excedem a capacidade do canal. Ou seja, periodicamente altas vazões ultrapassam as margens do rio e ocupam as planícies de inundações circundantes. Para a autora, a dificuldade na definição está na descarga em que o canal fica completamente cheio, pois a altura das margens varia ao longo do rio mesmo em curtas distâncias. Assim, um mesmo rio não enche de maneira igual com a mesma descarga.

Grandes inundações são mais raras que pequenas, portanto, quanto maior a magnitude de uma inundação, menor será sua probabilidade de ocorrência (frequência). Dessa maneira, as frequências das inundações são medidas em tempo de retorno⁹ onde uma inundação de ocorrência de 100 anos (menos frequente) é mais potente (magnitude) que uma de tempo de retorno de 20 anos (CHARLTON, 2007).

Os eventos de grandes magnitudes provocam mudanças mais relevantes na morfologia do canal. Entretanto, os eventos cumulativos de inundações menores, porém mais frequentes, também se tornam significativos na formação do canal. Assim, uma inundação de maior magnitude possui um maior potencial de erosão e transporte de sedimento, tendo uma eficácia

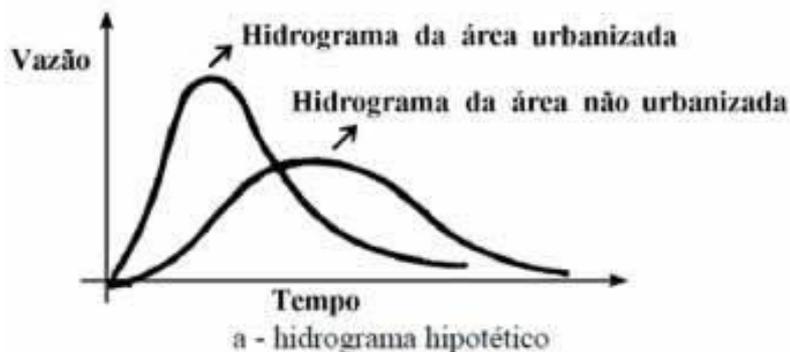
⁹ O tempo de retorno de uma inundação é calculado com a média dos maiores picos de vazão anual ao longo de, pelo menos, 30 anos.

geomorfológica superior. Em contrapartida, inundações com menores magnitudes são menos eficazes e de maior frequência, mas o acúmulo de sedimento provocado por elas pode chegar a ser superior a duas grandes inundações. Ou seja, a frequência de uma inundação diminui a sua magnitude (CHARLTON, 2007).

Magilligan e Graber (1996) descrevem vários tipos de inundações, como: inundações por derretimento de neve, provocadas por furacões, inundações convectivas e frontais provocadas por derretimento de neve juntamente com precipitação, entre outros.

No Brasil, Tucci (1995) classifica dois tipos de inundações. O primeiro tipo refere-se a inundações em áreas ribeirinhas que ocorrem a partir do processo natural de ocupação do leito maior acompanhado de eventos chuvosos extremos e se sucede, na maioria das vezes, em grandes bacias. Já as inundações, devido à urbanização, para o autor, ocorrem a partir da impermeabilização do solo decorrente das pavimentações, casas, telhados, entre outros, ocasionando uma aceleração no tempo em que a água chega aos canais, exigindo uma maior capacidade de carga destes. Deste modo, o principal efeito da urbanização é o aumento da vazão máxima, aumento do escoamento superficial e, conseqüentemente, a antecipação do pico de cheia, como mostra a curva hidrógrafa na figura 31.

Figura 31 - Comparação da curva hidrógrafa natural e de áreas urbanizadas



Fonte: Tucci, 1995

Grandes alterações no leito de um rio localizado em área urbana são decorrentes das transformações realizadas na forma das drenagens, como as canalizações e as construções. As ocupações se expandem pelas planícies de inundação podendo chegar até aos leitos dos rios. A expansão das construções urbanas pode ainda ocorrer sobre áreas de pequenos canais (canais de primeira ordem, alguns intermitentes), fazendo-os desaparecer (GALVÃO, 2008; VIEIRA E CUNHA, 2001).

Desta forma, Stevaux e Latrubesse (2017) dissertam que, na urbanização, os solos são impermeabilizados, a cobertura vegetal retirada, aumentando, conseqüentemente, a eficiência do escoamento superficial. Isso pode ocasionar um regime similar a enxurradas com o aumento do pico de descarga, de curta duração e com alto transporte de água e sedimento. Logo, a urbanização pode aumentar a densidade de drenagem e modificar a relação entre largura e profundidade dos canais.

Para tentar amenizar as conseqüências das inundações em áreas urbanas, o poder público investe em obras de engenharia como canalizações, retificações, construções de diques e parques lineares. A canalização é toda obra de engenharia praticada no canal fluvial para controlar inundações, reduzir erosão, melhorar a drenagem, entre outros (Cunha, 2012 p. 172). Devido à ação localizada dessas obras, observa-se um agravamento nas inundações à sua montante e jusante. Outra problemática levantada sobre essas obras é que elas não resolvem o escoamento superficial, intensificado pela impermeabilização do solo. Também para Stevaux e Latrubesse (2017), as galerias pluviais urbanas modificam as redes de drenagem, pois acentuam o escoamento superficial, o que faz aumentar a densidade de drenagem, diminuir a infiltração e acelera o escoamento da água, transformando a magnitude e frequência das cheias.

4.3 A MORFOMETRIA COMO APROXIMAÇÃO À SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA A INUNDAÇÕES

A morfometria da bacia é uma artificialização matemática utilizada para compreender a morfologia do relevo, sendo esta a causa e conseqüência dos processos de interação entre a água e a superfície terrestre. A morfologia é o elemento que controla a dispersão ou a concentração d'água e a morfometria pode facilitar o entendimento dessas condições, possibilitando a investigação de causa e efeito entre morfologia e inundação. Desta maneira, entender a morfologia proporciona a distinção das áreas de maior ou menor suscetibilidade à inundação.

Christofolletti (1999) afirma que a análise morfométrica é quantitativa, pois é através da quantificação dos elementos da superfície e suas interações que se compreende o conjunto de vertentes e canais. Ao longo do tempo, as aquisições desses dados foram evoluindo juntamente com o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tornando o processo de extração e cálculo totalmente digital. As técnicas mais comuns de extração de

dados são a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) e/ou da rede de drenagem digitalizada (adquiridos a partir de cartas topográficas, fotografias aéreas ou imagens de satélites) (COSTA, 2017; SOUZA, 2005).

A análise morfométrica é uma importante ferramenta para o entendimento integrado da atuação de diversos fatores geométricos que influenciam o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica. Cherem *et al* (2011), indicam que o objetivo de uma análise morfométrica é entender a disposição e a distribuição dos elementos da paisagem. Para isso, são utilizados parâmetros que se relacionam entre si a partir da mensuração dos seus atributos.

Desta maneira, a bacia hidrográfica é uma das unidades espaciais para análise morfométrica. A partir dela pode-se entender a suscetibilidade morfométrica à inundação, ou seja, entender a responsabilidade do comportamento geométrico das bacias na ocorrência de inundações.

Assim, a constituição dos parâmetros morfométricos ocorre a partir da correlação das características da bacia, sendo as principais: área da bacia, perímetro da bacia, comprimentos dos canais e da bacia, número de canais, altitude e também declividade da bacia. Muitas características hidrológicas, como gradiente, densidade de drenagem, chuvas *versus* inundações, por exemplo, variam de acordo com a área da bacia e das características desta. (CHRISTOFOLETTI, 1980; VILLELA E MATTOS, 1975).

No presente trabalho, como já indicado na metodologia, buscou-se utilizar de parâmetros que facilitam o entendimento da morfologia da bacia e, assim, observar tendência de acumulação ou dispersão de água. Devido a isso, foram utilizados parâmetros morfométricos relacionados à forma da bacia, ao relevo e ao entendimento da rede de drenagem.

Como característica do relevo de uma bacia hidrográfica, Villela e Mattos (1975) destacam a declividade do terreno que controla a velocidade dos escoamentos, isto é, interfere no tempo que a água da chuva leva para chegar aos leitos fluviais. Canais pequenos em superfícies de maiores declividades possuem grande capacidade de erosão; por outro lado, canais mais longos possuem menos energia e maiores descargas.

Segundo Christofolletti (1980), o gradiente da bacia é considerado um parâmetro importante para a dinâmica hídrica da bacia e influencia na dinâmica do escoamento superficial e na velocidade do fluxo. Assim, o gradiente da bacia é um indicativo da

declividade dos terrenos e interfere no tempo de resposta; quando o gradiente for maior, haverá também uma maior velocidade do fluxo.

Ainda como característica do relevo, o índice de rugosidade expressa aspectos dimensionais da topografia (MELTON, 1957). Esse índice combina as características da declividade e o comprimento das vertentes com a densidade de drenagem. É um parâmetro geomorfológico que traz o debate da evolução do relevo a partir da formação dos canais. A declividade aumenta a energia do escoamento, ampliando assim a possibilidade da formação de canais. Desta forma, quanto mais declivoso for o terreno mais canais tende a ter; entretanto, com o passar do tempo, esses canais diminuirão o declive a partir da erosão.

Em se tratando dos parâmetros relacionados à rede de drenagem, a densidade de drenagem é uma indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, segundo Villela e Mattos (1975). Para Christofolletti (1980), a densidade de drenagem é importante para as análises de bacias hidrográficas, pois apresenta a relação inversa com o comprimento dos rios.

Villela e Mattos (1975) ainda observam que quanto maior a quantidade de canais disponíveis para o escoamento, mais rápido a água deixará a bacia. Stevaux e Latrubesse (2017) afirmam que o parâmetro controla a eficiência do escoamento e, por isso, reflete o clima, o solo, o relevo, o uso e ocupação da terra, além da morfologia da bacia. Quanto maior a densidade da cobertura vegetal, menor será a densidade de drenagem, pois a taxa de infiltração será maior e, em conseqüência, haverá menos escoamento superficial.

Outro parâmetro importante para entender a relação do relevo com a rede de drenagem é o Índice de Eficiência de Drenagem (IED). Para Fernandes, Avelar e Coelho Netto (2006), esse índice possui um valor proporcional à capacidade do relevo em drenar a água de uma bacia e demonstra a importância dos parâmetros geomorfológicos que influenciam o escoamento da água da bacia.

Parâmetros também importantes para o estudo são os relacionados às características de tamanho e forma da bacia hidrográfica, como fator de forma e coeficiente de compacidade. Dependendo do tamanho e da forma da bacia haverá um maior ou menor tempo de deslocamento das águas pela distância da saída do sistema. As drenagens alongadas possuem uma resposta da precipitação mais rápida, mas um pico de vazão mais suave e baixo. A partir da topografia da bacia, o tempo de viagem do escoamento é aumentado em encostas íngremes que tendem a terem solos mais finos e respostas mais chamativas (CHARLTON, 2007).

O fator forma indica se a bacia hidrográfica está menos sujeita a sofrer com inundações em relação a outra bacia com um resultado diferente. Assim, as bacias estreitas e alongadas possuem menor suscetibilidade à inundações, pois evitam a concentração de água, tendo uma menor possibilidade de uma chuva intensa cobrir ao mesmo tempo toda sua extensão. Além disso, nas bacias alongadas, ou seja, de menor fator forma, os tributários atingem o rio principal em diversos pontos, já nas bacias circulares a concentração do deflúvio ocorre em apenas um ponto (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017; VALLE JUNIOR, 2008; VILLELA E MATTOS, 1975).

O coeficiente de compacidade também indicará a forma da bacia. A forma varia independente do tamanho da bacia; quanto maior for esse índice, mais irregular será a bacia e também mais chances de repercutir picos de vazão com inundações relâmpagos onde o volume de água escoado é maior que a capacidade de vazão da rede de drenagem (COSTA, 2017; STEVAUZ E LATRUBESSE, 2017; VILLELA E MATTOS, 1975).

O presente trabalho trouxe a análise morfométrica a partir dos seis parâmetros expostos (gradiente da bacia, índice de rugosidade, densidade de drenagem, Índice de Eficiência de Drenagem, coeficiente de compacidade e fator forma), entretanto, buscou-se entender, dentro da área de estudo (bacia do córrego Humaitá), quais sub-bacias - tanto de 3ª quanto de 2ª ordem -, têm maior suscetibilidade geomorfológica para inundações. Logo, além dos parâmetros morfométricos, buscou-se também interpretar características geomorfológicas como planície de inundações, formas dos canais e da própria bacia, confluências e, também, tectonismo.

Outros trabalhos já se utilizaram dessa ferramenta para estudar os eventos de inundações. Souza (2005) utilizou a análise dos parâmetros morfométricos para entender a relação destes com o escoamento superficial e a vazão. A autora pesquisou 32 bacias hidrográficas na região costeira do norte do estado de São Paulo e mapeou a suscetibilidade à inundações destas a partir de um método semi-qualitativo, classificando cada um em três classes (alta, média e baixa suscetibilidade) a partir da distribuição de pontos para cada parâmetro morfométrico. Com isso, a autora concluiu que alguns parâmetros influenciam mais que outros nas variações de suscetibilidade morfométrica à inundações e que os maiores valores de parâmetros estão localizados na classe de alta suscetibilidade.

Santos, Carvalho e Antoneli (2016) integraram uma análise morfométrica com índices de precipitação anual na bacia hidrográfica do Rio Bonito em Irati - PR, com o objetivo de

identificar características físicas da bacia e entender a influência dos parâmetros morfométricos na ocorrência de inundação. Os autores concluíram que a bacia possui uma alta suscetibilidade à inundação por possuir uma pequena área de captação. Além disso, enfatizaram que é preciso analisar os parâmetros de forma conjunta e não isoladamente.

Por fim, Souza e Sobreira (2017) determinaram a suscetibilidade à inundação através da análise descritivo-qualitativa da bacia hidrográfica do Ribeirão do Carmo em Minas Gerais. Os autores relacionaram os parâmetros morfométricos e análise morfológica com a equação de chuva intensa e também análise do tempo de concentração da precipitação na bacia. Desta forma, os autores geraram cartas de suscetibilidade à inundação como forma de subsidiar a gestão ambiental na bacia pesquisada.

4.4 RESULTADOS DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

A bacia hidrográfica do córrego Humaitá é de 4ª ordem. Após delimitar suas sub-bacias, verificou-se a presença de 4 sub-bacias de 3ª ordem e 13 de 2ª ordem. Na análise morfométrica da bacia, observou-se que alguns parâmetros influenciam para uma maior concentração de água do que outros.

Como se observa na Tabela 3, os resultados gerais da bacia (de 4ª ordem) possuem valores compatíveis para a dispersão d'água. Entretanto, observa-se que o histórico de eventos de inundações na bacia hidrográfica do córrego Humaitá indica outra realidade. Por isso, a interpretação dos dados morfométricos do presente trabalho será feita de maneira escalar, de 3ª ordem para 2ª ordem, buscando entender quais sub-bacias contribuem para ocorrência dos eventos de inundação. A análise escalar facilitará a compreensão das áreas com maior ou menor suscetibilidade à inundação dentro da bacia do córrego Humaitá.

Tabela 3 - Valores da análise morfométrica da bacia do córrego Humaitá e suas sub-bacias.

Bacia	Ordem	Gr	Ir	Dd	IED	Kc	Kf
Humaitá	4ª	0,04	710,55	2,45	0,11	1,59	0,54
31	3ª	0,06	532,05	2,88	0,17	1,61	0,37
32	3ª	0,06	610,11	2,49	0,15	1,54	0,50
33	3ª	0,09	612,59	2,27	0,20	1,51	0,46
34	3ª	0,08	557,19	1,99	0,16	1,36	0,34
201	2ª	0,07	223,41	2,79	0,20	1,51	0,60
202	2ª	0,09	223,55	2,63	0,23	1,29	0,48

203	2 ^a	0,08	386,39	2,21	0,17	1,37	0,56
204	2 ^a	0,10	347,39	3,47	0,36	1,15	0,51
205	2 ^a	0,10	343,34	2,02	0,20	1,36	0,36
206	2 ^a	0,17	414,86	2,86	0,49	1,14	0,86
207	2 ^a	0,10	383,99	2,84	0,30	1,19	0,39
208	2 ^a	0,10	315,78	1,97	0,20	1,28	0,50
209	2 ^a	0,12	517,18	3,83	0,47	1,28	0,31
210	2 ^a	0,09	547,70	2,28	0,20	1,62	0,26
211	2 ^a	0,13	614,85	2,32	0,29	1,31	0,48
212	2 ^a	0,10	470,31	1,71	0,17	1,56	0,24
213	2 ^a	0,10	403,22	2,12	0,21	1,20	0,40

Fonte: Elaborada pela autora (2022).

Diante dos primeiros resultados dos cálculos morfométricos realizados (tabela 3), aplicou-se nestes a estatística de correlação para verificar se os dados possuem relação entre si e entender as redundâncias e influências diretas entre os parâmetros para a suscetibilidade à inundação. Essa etapa é muito importante para que seja possível constatar se, de fato, os elementos abarcados são significantes na geometria do relevo. Para isso, usando os valores dos parâmetros, foram gerados dados estatísticos com o objetivo de adquirir a média, o desvio padrão e a variância. O resultado mostrou que os parâmetros considerados neste trabalho, em sua maioria, não são redundantes, ou seja, todos os parâmetros mediram condições diferentes como mostra a tabela 4. A exceção está no Índice de Eficiência de Drenagem, pois o gradiente e a densidade de drenagem são utilizados para o seu cálculo.

Tabela 4 - Correlação R entre os parâmetros morfométricos.

TABELA DE CORRELAÇÃO R ENTRE OS PARÂMETROS						
	GR	IR	DD	IED	KC	KF
GR	1					
IR	-0,01442	1				
DD	0,181479	-0,09599	1			
IED	0,80359	-0,06682	0,722631	1		
KC	-0,63581	0,395475	-0,32252	-0,65048	1	
KF	0,400313	-0,31526	0,210807	0,393751	-0,41808	1

Fonte: Elaborado pela autora (2020)

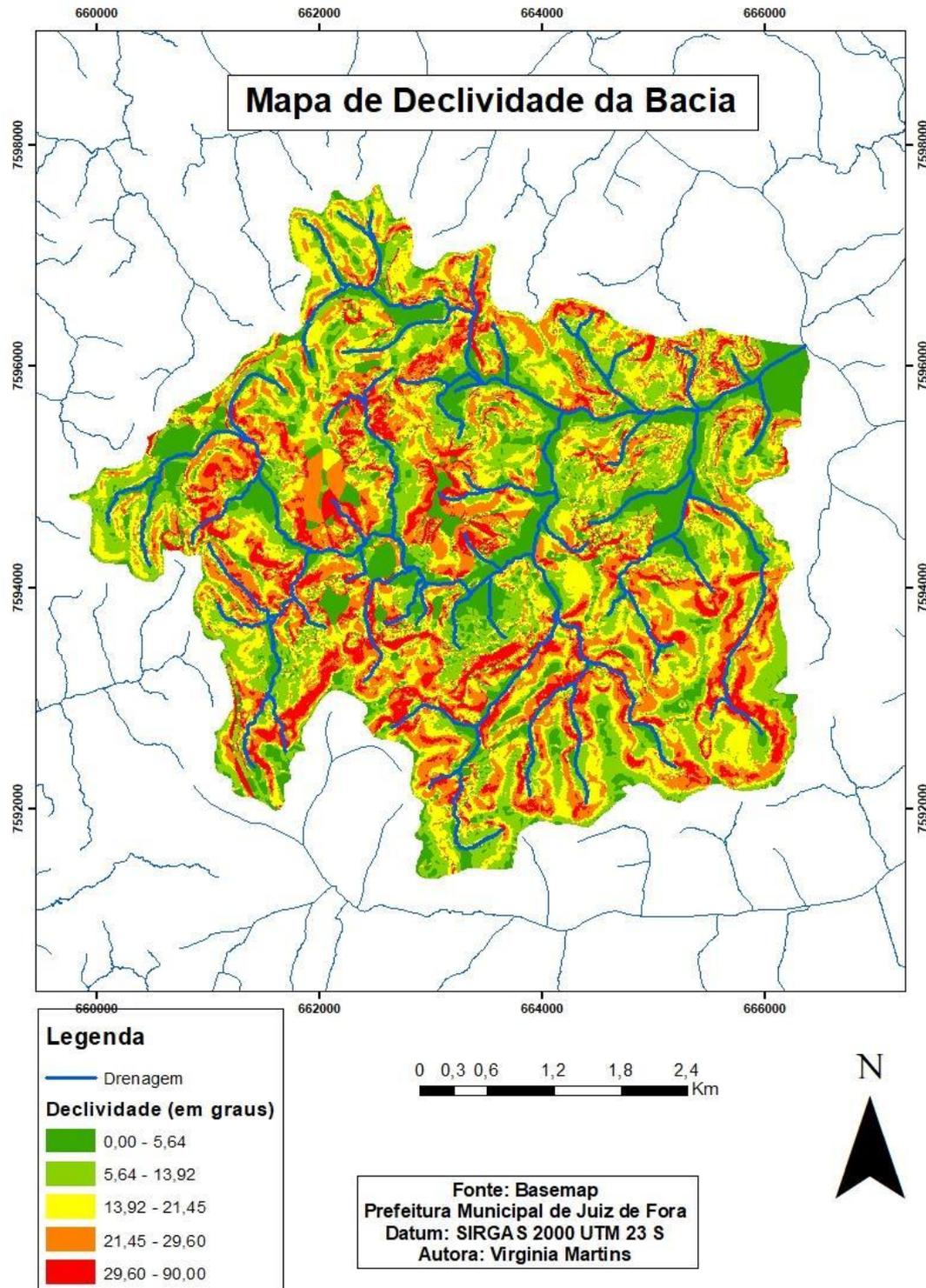
4.5 INTERPRETAÇÕES DA SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

A partir dos resultados dos parâmetros morfométricos investigados (tabela 3), revela-se que a bacia do córrego Humaitá não possui uma tendência morfométrica à acumulação de água. A bacia em questão possui uma adequada densidade de drenagem e o índice de rugosidade indica tendência à dispersão d'água. Os parâmetros de forma, por sua vez, indicam um formato mais retangular, reafirmando ser uma área não sujeita à inundação.

Devido a isso, faz-se necessário entender a suscetibilidade à inundação da bacia do córrego Humaitá de forma escalar a partir das suas sub-bacias e seus tributários. Cabe ressaltar que valores assumidos como parâmetros de comparações foram de referência à bacia total (Tabela 3). Ainda, é importante enfatizar que mesmo que alguns parâmetros não apontem tendências para ocorrência da inundação, outras características da bacia podem indicar a propensão para esse evento, pois a análise foi realizada de forma escalar.

Com base nos valores resultantes da análise morfométrica, gerou-se a espacialização destes a partir de mapas temáticos seguindo a ordem das sub-bacias e os parâmetros. O primeiro mapa gerado foi de declividade (Figura 32), para toda bacia do córrego Humaitá, com vistas à auxiliar no entendimento dos processos fluviais como a dinâmica do escoamento, o processo de erosão, o fluxo, entre outros. Observa-se que a bacia possui pontos bem declivosos e outros mais suaves, resultando em uma declividade mais suave.

Figura 32 - Mapa de declividade da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



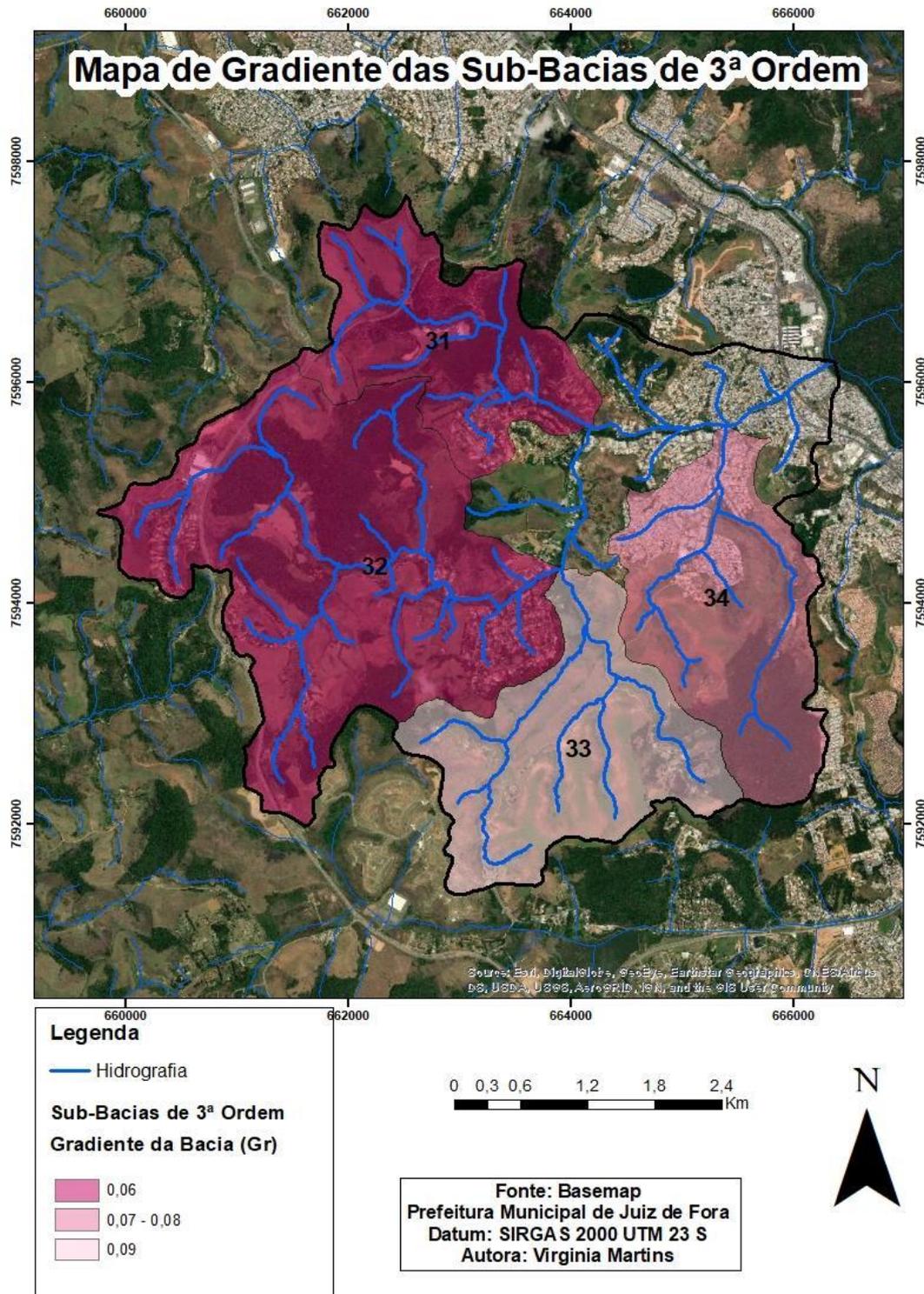
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Serão apresentados nesse subcapítulo todos os resultados da espacialização dos valores resultantes dos índices morfométricos. No entanto, como já relatado, a interpretação será feita *a posteriori*, a partir das sub-bacias de 3ª ordem, e depois as de 2ª ordem

pertencentes a cada uma da ordem superior. Vale ressaltar que foram usadas tonalidades mais escuras na construção dos mapas para mostrar as áreas de maior tendência à concentração d'água para cada indicador.

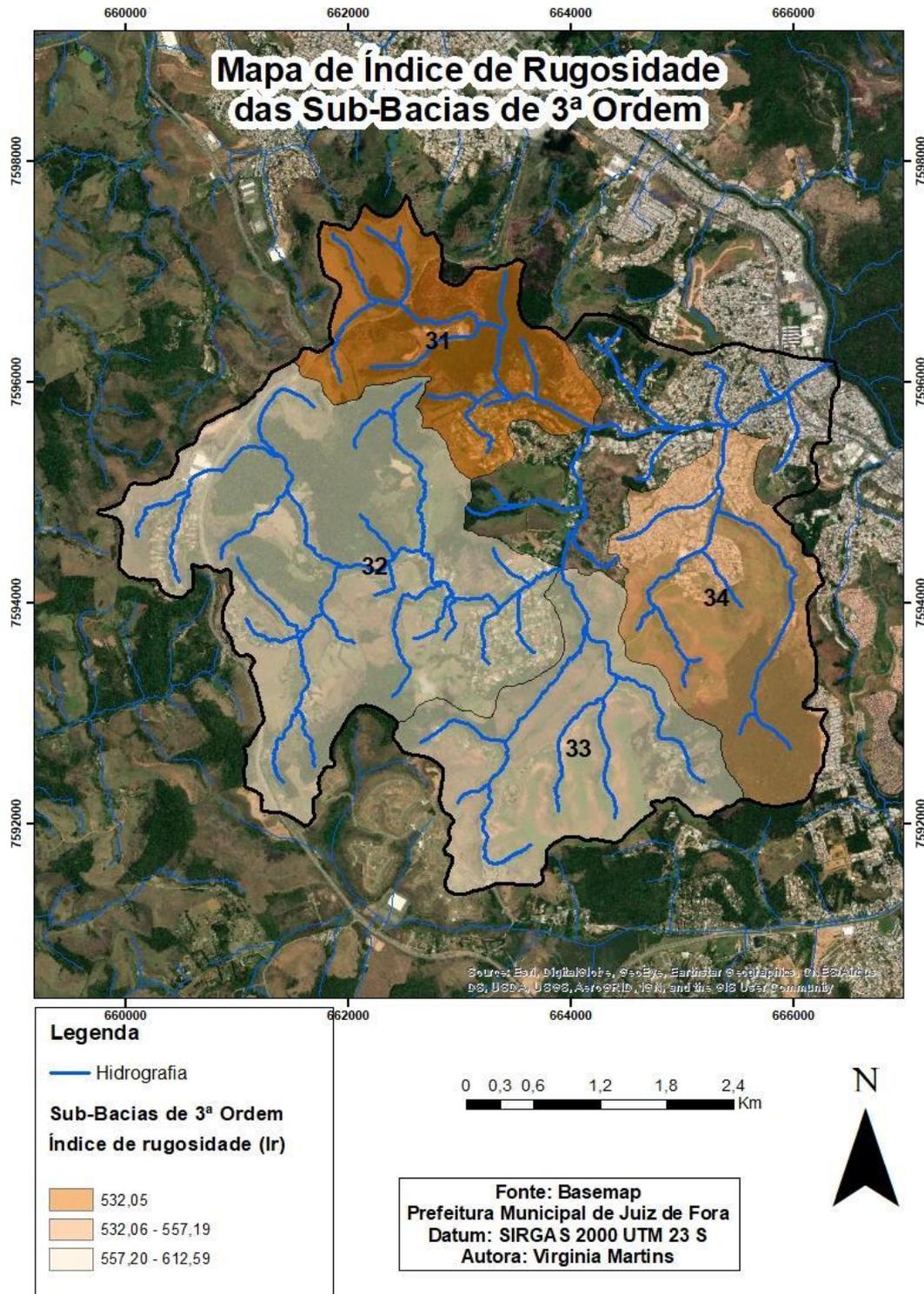
As figuras 33 e 34 representam os parâmetros referentes ao relevo como gradiente e índice de rugosidade das sub-bacias de 3^a ordem.

Figura 33 - Mapa do gradiente das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

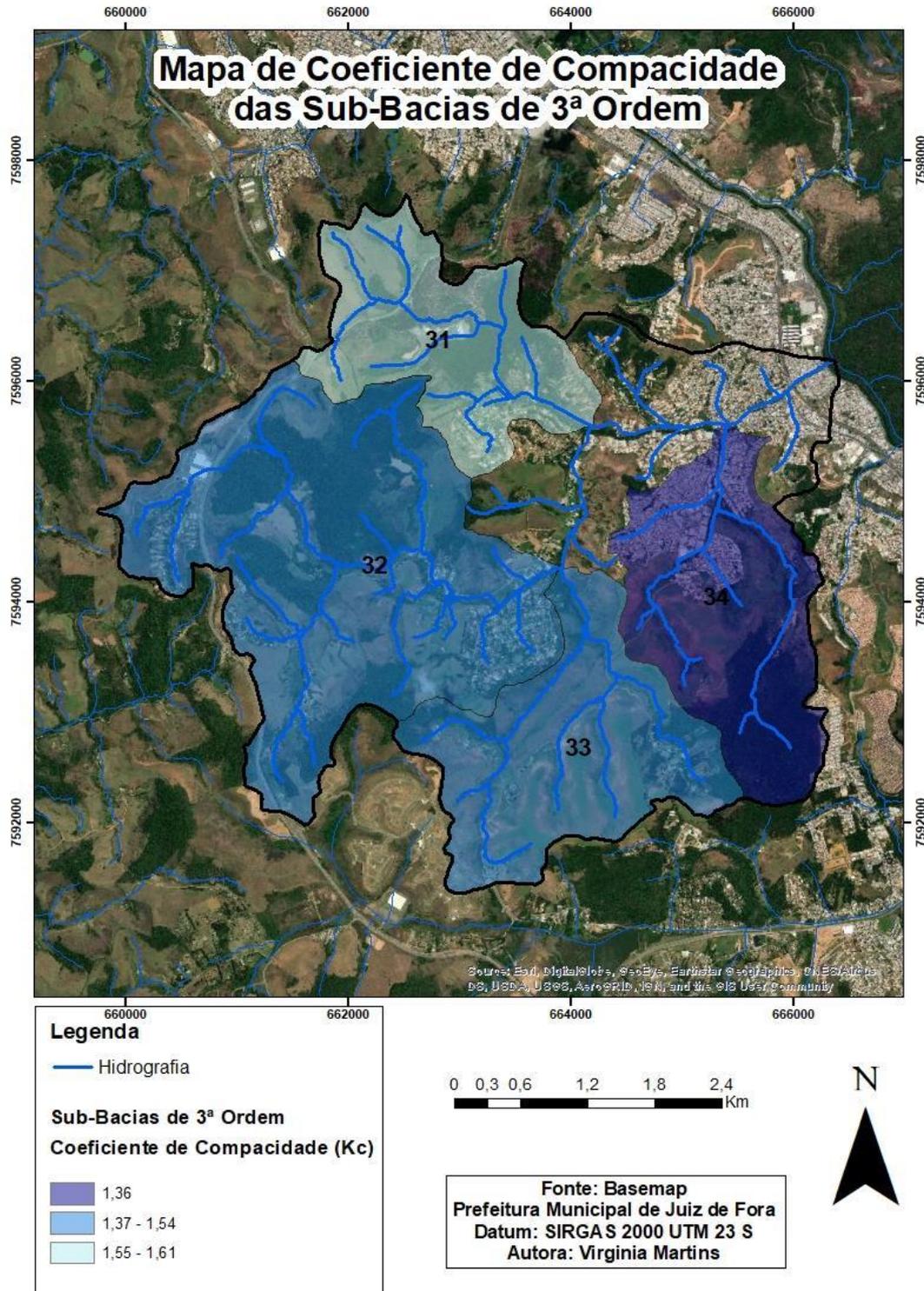
Figura 34- Mapa do índice de rugosidade das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

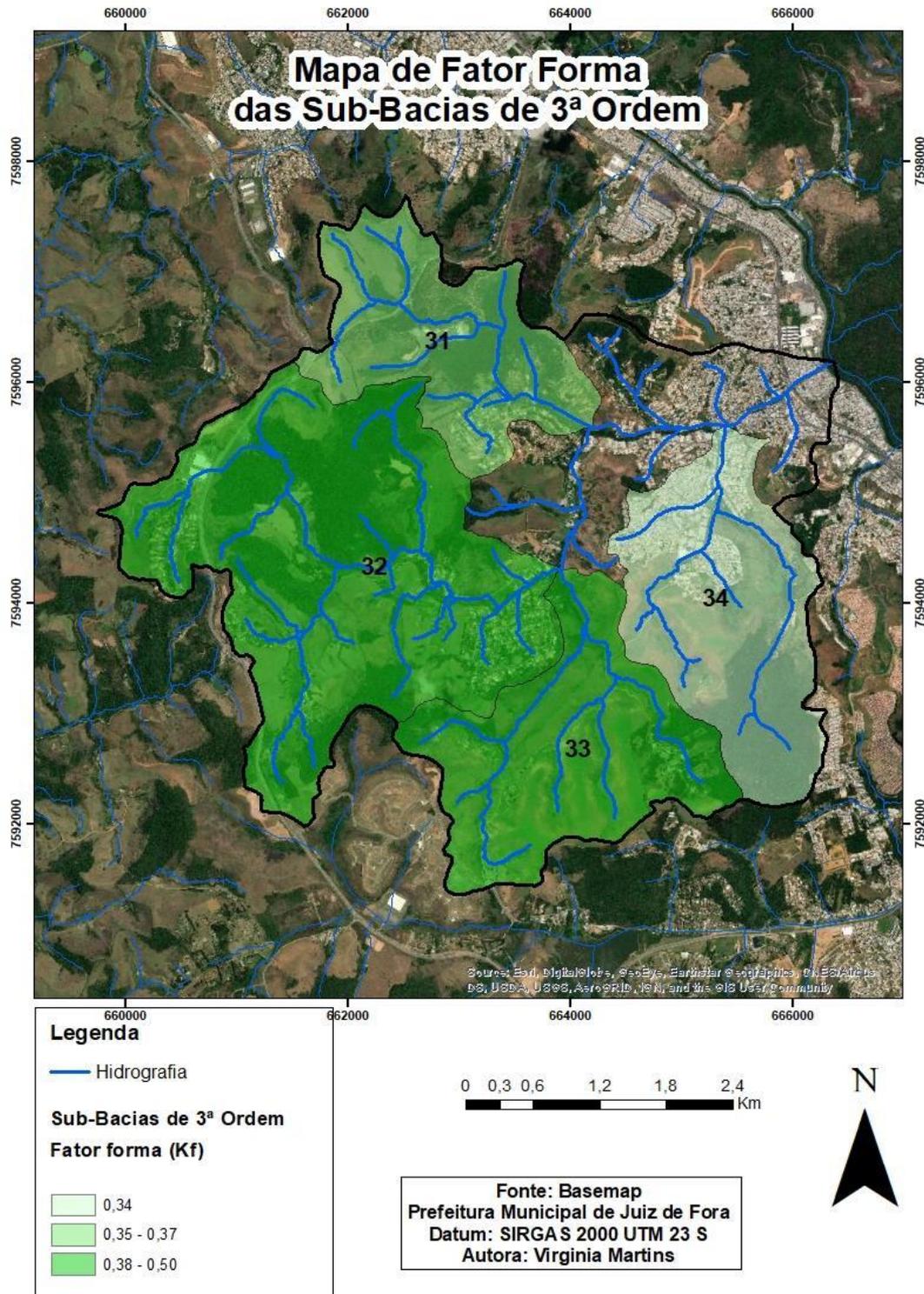
As figuras 35 e 36 representam os valores resultantes dos parâmetros referentes à forma (coeficiente de compacidade e o fator forma) das sub-bacias de 3ª ordem.

Figura 35- Mapa de coeficiente de compacidade das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

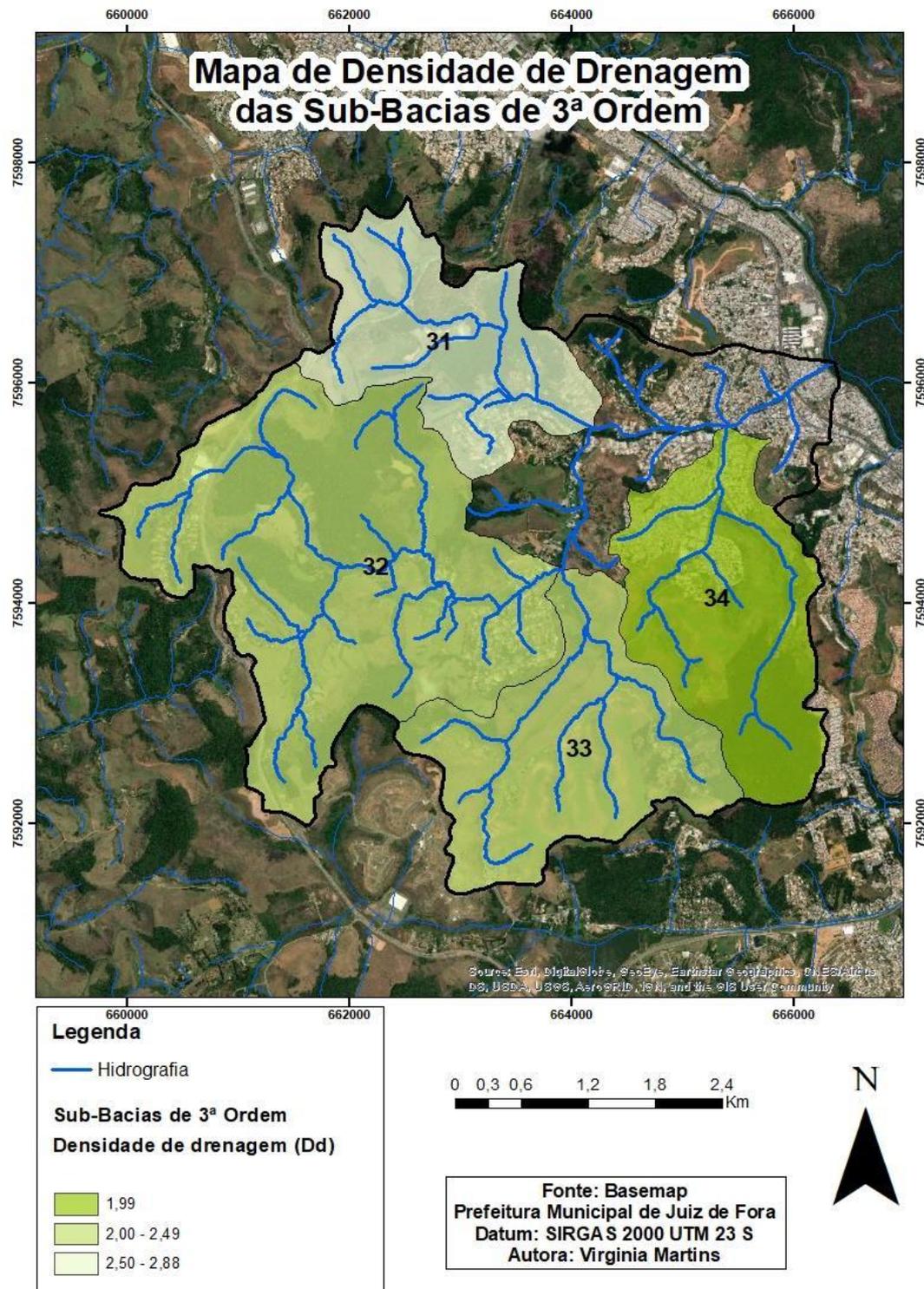
Figura 36 - Mapa de fator forma das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

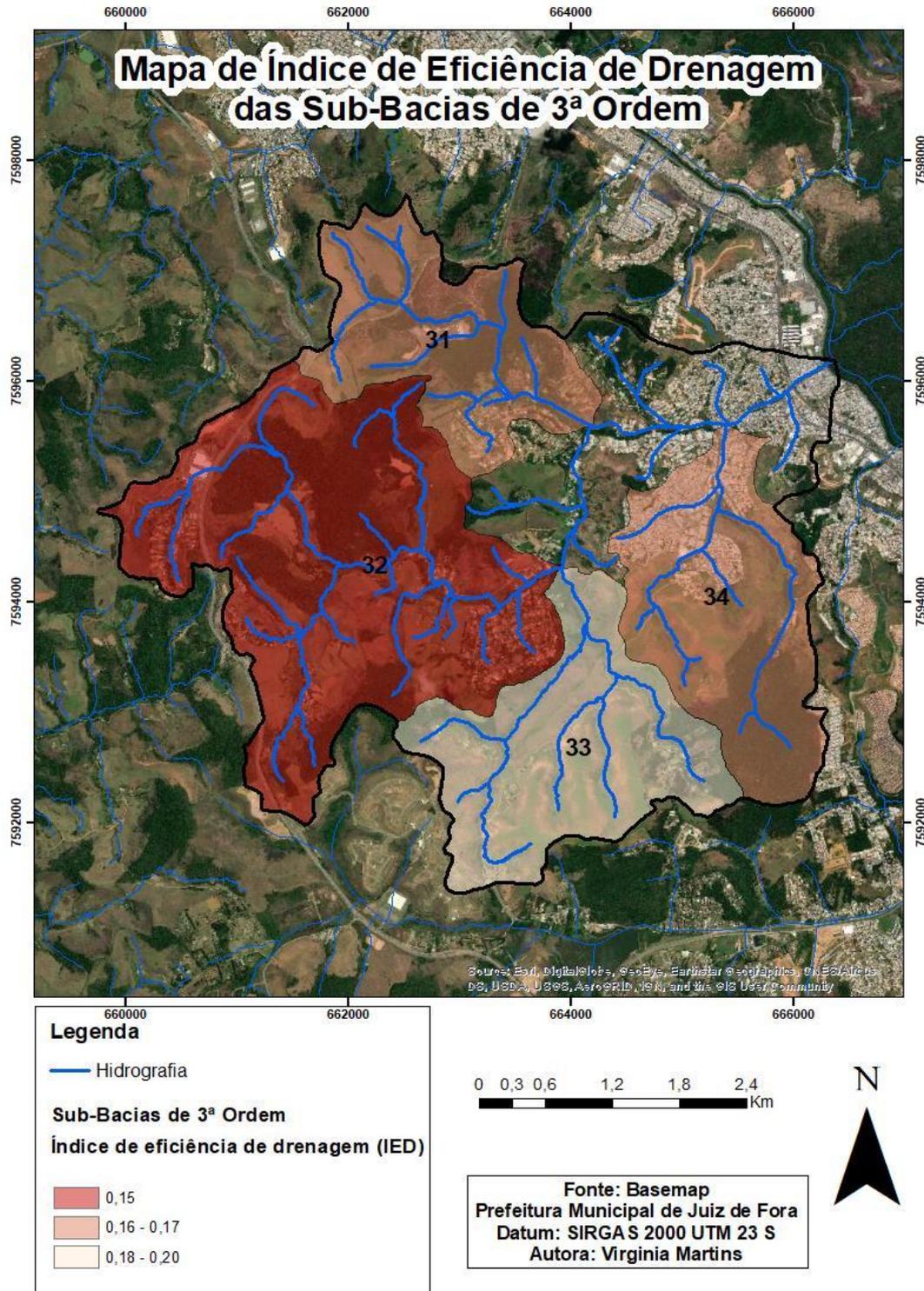
Por fim, as figuras 37 e 38 representam a espacialização dos parâmetros referentes à drenagem, como densidade de drenagem e Índice de Eficiência da Drenagem, das sub-bacias de 3ª ordem.

Figura 37- Mapa de densidade de drenagem das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

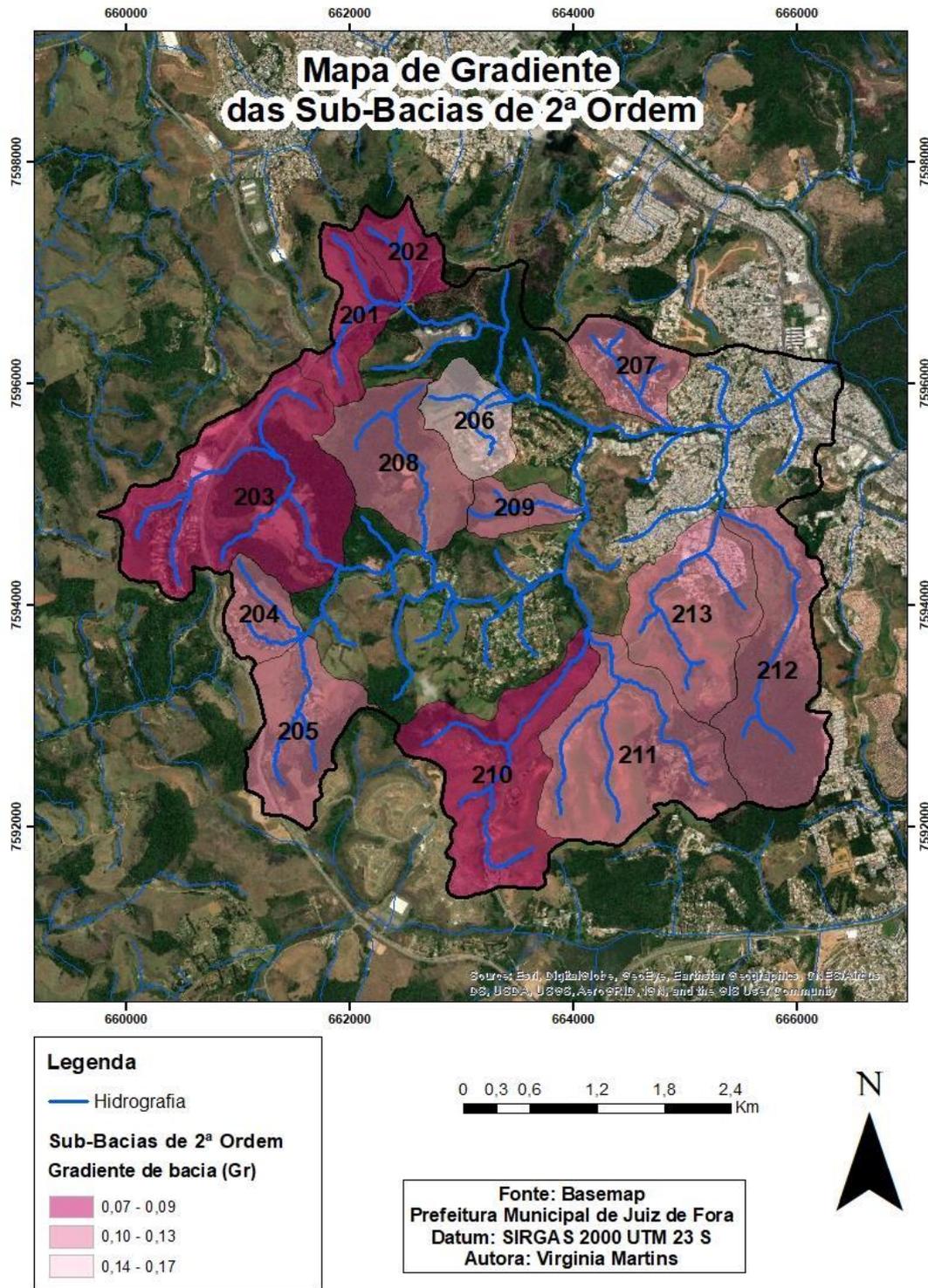
Figura 38- Mapa de Índice de Eficiência de Drenagem das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

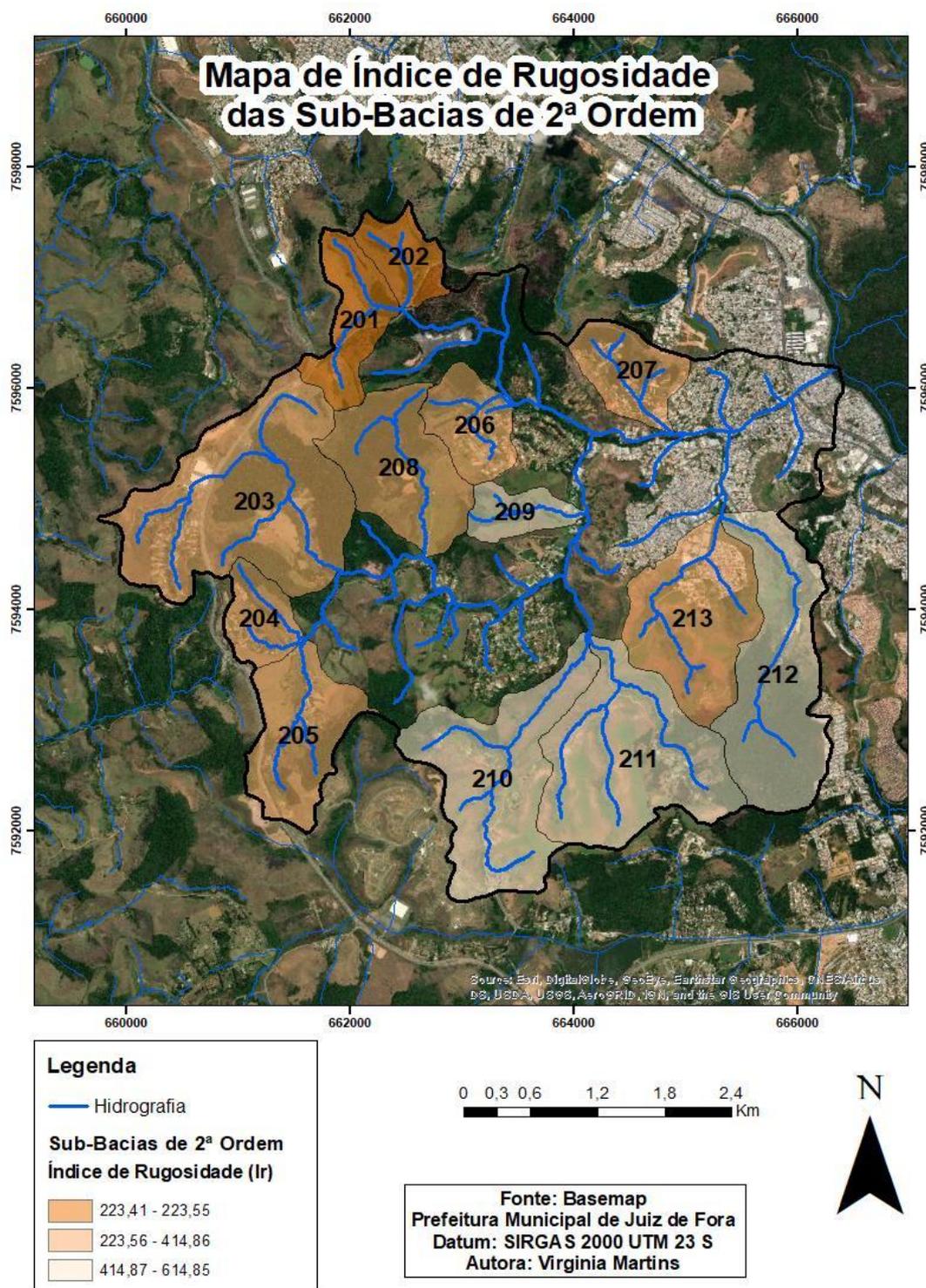
Seguindo a ordem de interpretação escalar, serão apresentados agora os resultados da espacialização dos parâmetros morfométricos das sub-bacias de 2ª ordem. Os primeiros representam os parâmetros referentes ao relevo da bacia (Figuras 39 e 40).

Figura 39 - Mapa do gradiente das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

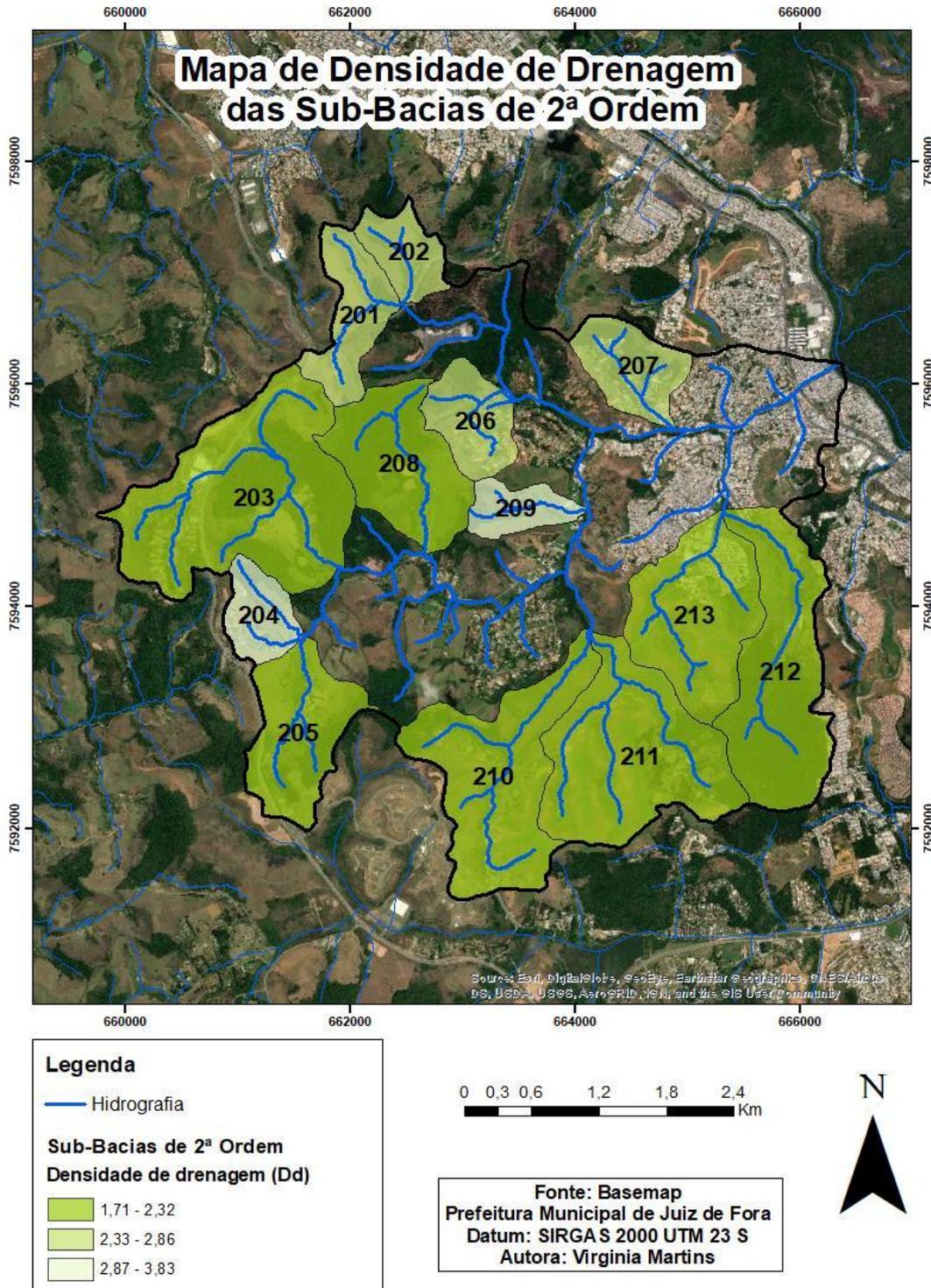
Figura 40 - Mapa do índice de rugosidade das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

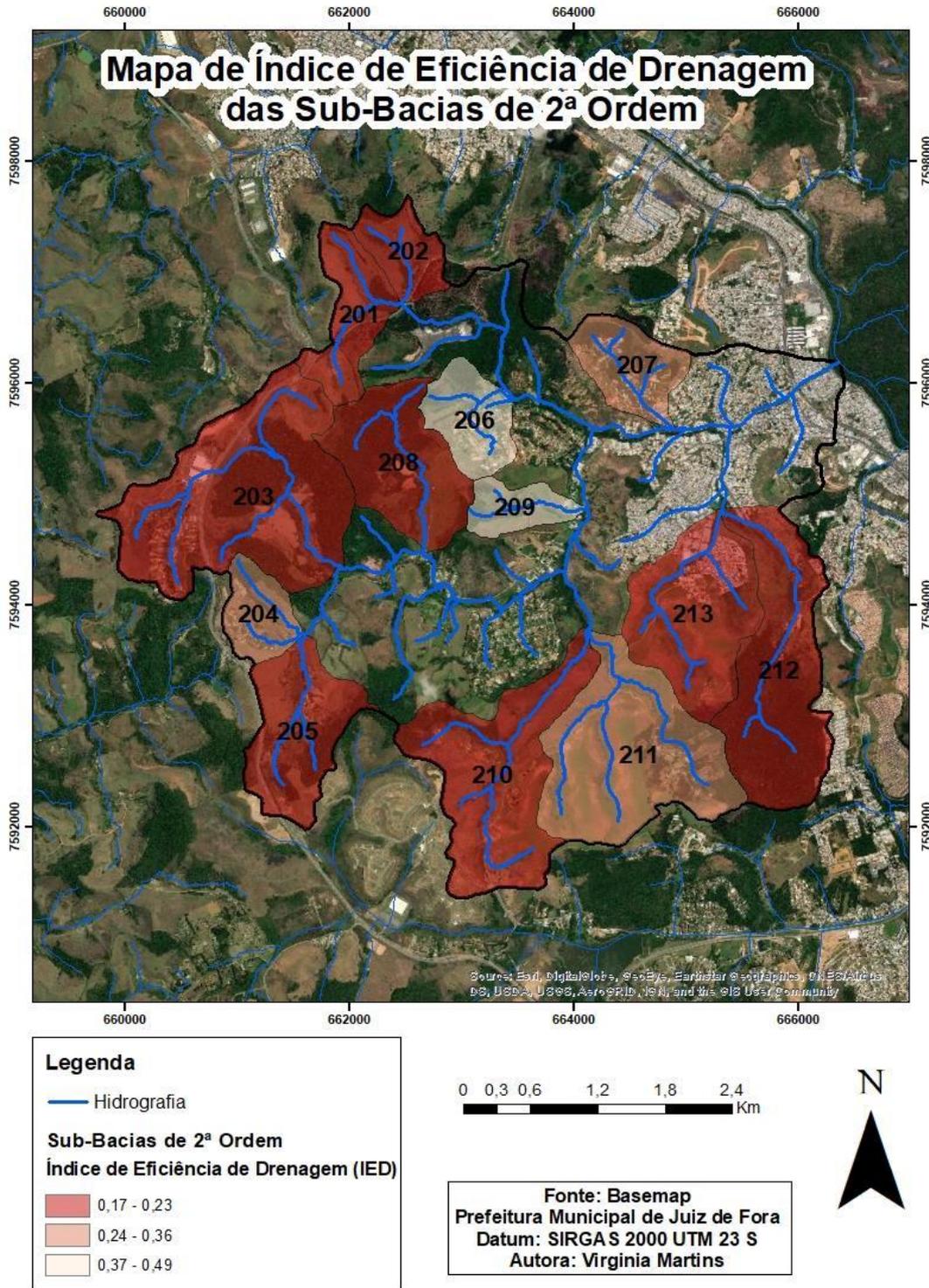
As figuras 41 e 42 estão relacionadas a representação dos parâmetros referentes à drenagem das sub-bacias de 2ª ordem, como densidade de drenagem e Índice de Eficiência de Drenagem.

Figura 41- Mapa da densidade de drenagem das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

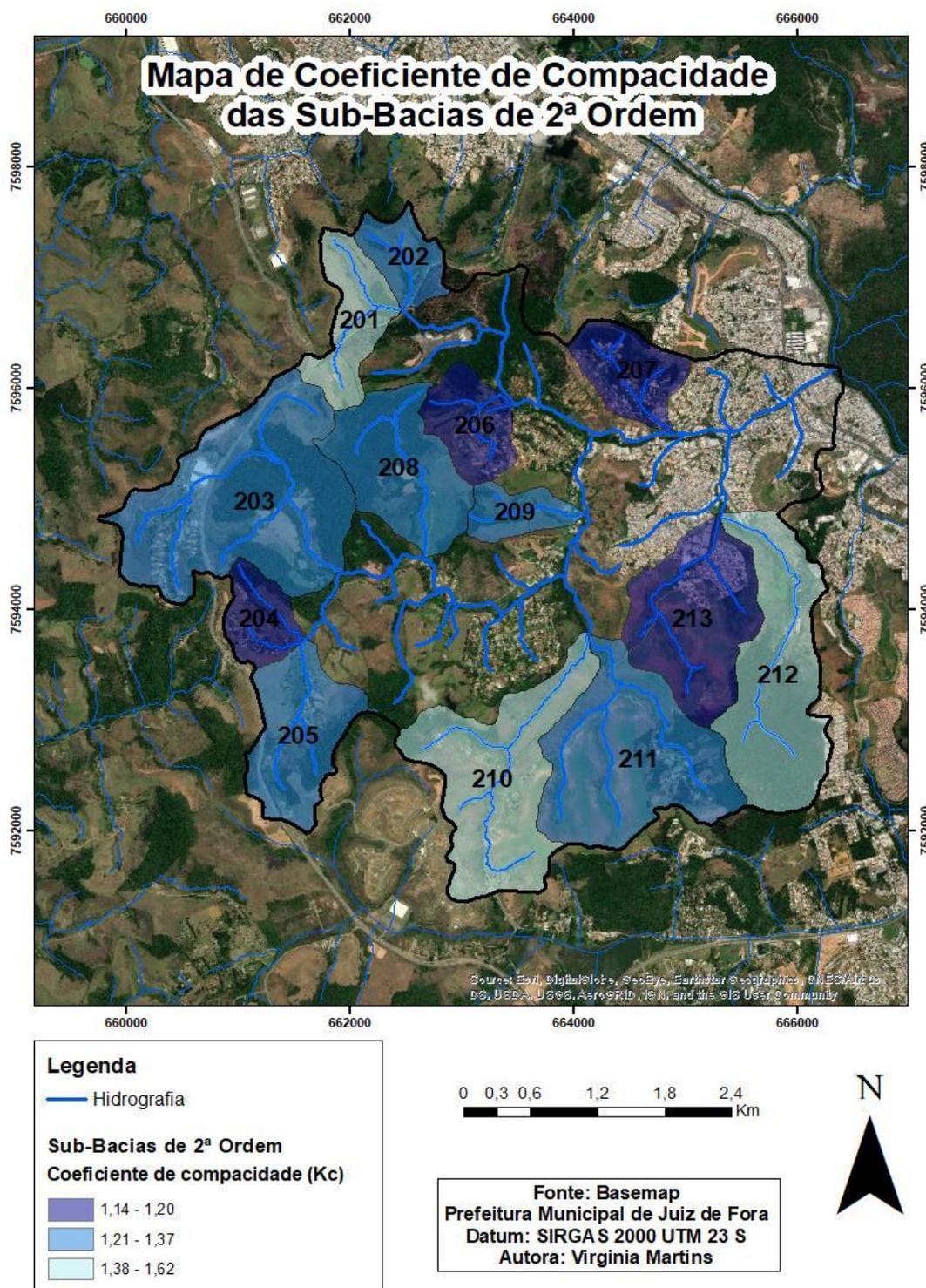
Figura 42 - Mapa do Índice de Eficiência de Drenagem das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

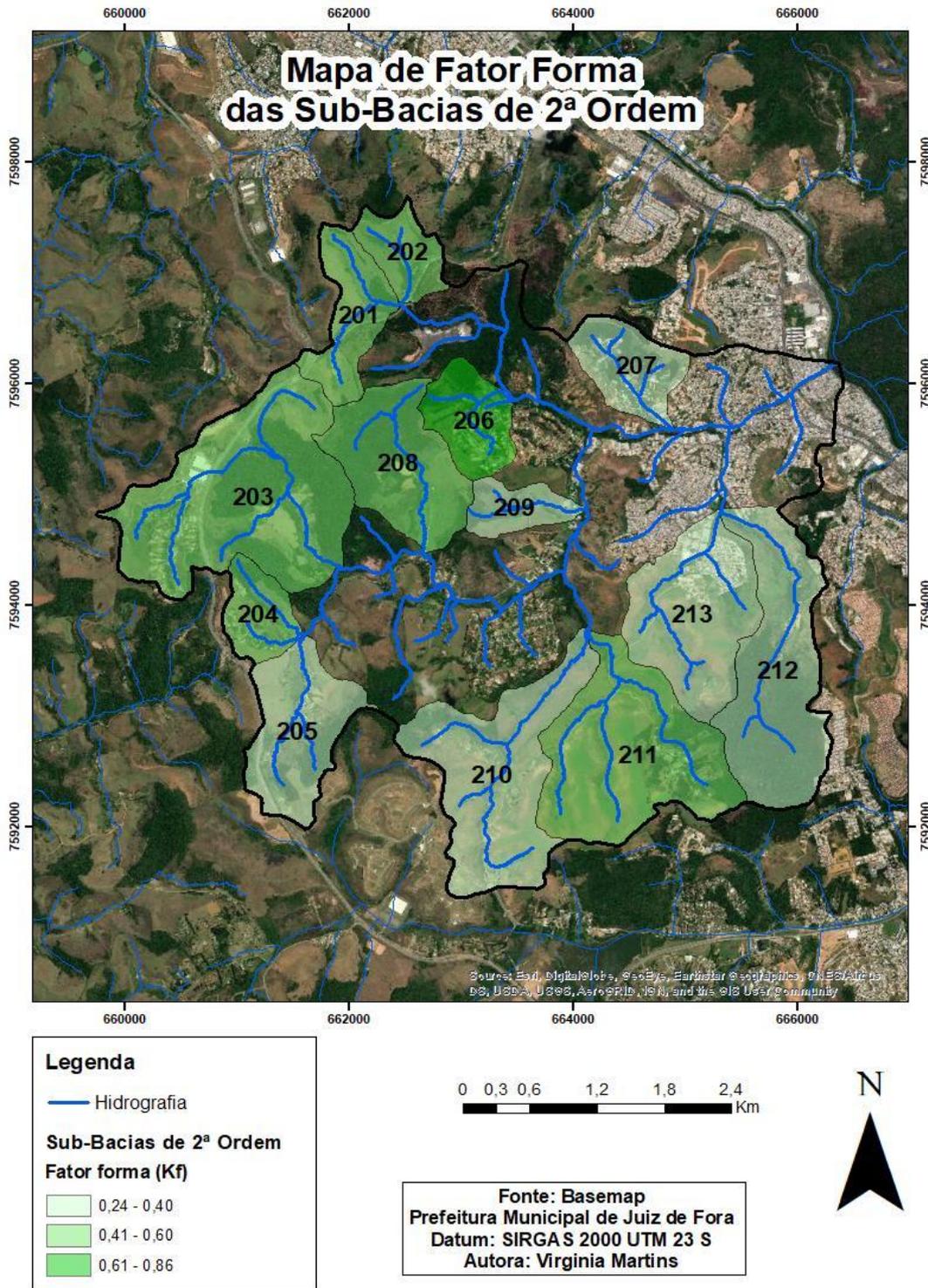
Para finalizar, as figuras 43 e 44 mostram a representação dos resultados dos parâmetros morfométricos analisados, relacionados à forma das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá.

Figura 43- Mapa do coeficiente de compacidade das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 44- Mapa do fator forma das sub-bacias de 2ª ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

4.5.1 Sub-bacia 31

A partir dos índices relacionados à geometria da bacia 31 (tabela 5), esta possui o maior coeficiente de compacidade e o menor fator forma de todas as quatro analisadas de 3ª ordem. Em resumo, os parâmetros avaliados indicam que há uma tendência à dispersão de água nessa bacia, pois, segundo Stevaux e Latubresse (2017), o tempo que a água percorre o canal será maior quanto mais comprido ele for. Assim, a forma da bacia é alongada, favorecendo que os tributários de ordens inferiores (1ª e 2ª ordem) deságuem em diversos pontos ao longo do canal de 3ª ordem. Como afirmado anteriormente, mesmo o coeficiente de compacidade demonstrando numericamente uma baixa propensão à inundação, podem ocorrer inundações relâmpagos, devido à irregularidade, que pode repercutir maiores picos de vazão (VILLELA E MATTOS, 1975).

Tabela 5 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 31

Parâmetro/Bacia	31	201	202	206
Ordem	3ª	2ª	2ª	2ª
Gradiente da bacia (Gr)	0,06	0,07	0,09	0,17
Índice de Rugosidade (Ir)	532,05	223,41	223,55	414,86
Densidade de Drenagem (Dd)	2,88	2,79	2,63	2,86
Índice de Eficiência de Drenagem (IED)	0,17	0,20	0,23	0,49
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,61	1,51	1,29	1,14
Fator Forma (Kf)	0,37	0,60	0,48	0,86

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir dos parâmetros relacionados ao gradiente (tabela 5), a bacia 31 também possui maior tendência à dispersão de água, pois possui o gradiente baixo e a densidade de drenagem elevada. A partir do mapa de declividade (Figura 32), percebe-se que a bacia possui um relevo mais suave com canais de comprimento menores, fazendo com que a velocidade do escoamento seja média, como mostra o Índice de Eficiência de Drenagem (Figura 38).

No interior da bacia 31, a sub-bacia de 2ª ordem com mais destaque é a 206 (Tabela 5), pois possui canais bem retilíneos (Figura 39) e, mesmo com o coeficiente de compacidade e o fator forma indicando uma tendência à acumulação de água, os outros parâmetros demonstram uma maior dispersão de água. Essa sub-bacia possui um bom Índice de Eficiência de Drenagem, ou seja, um alto gradiente e densidade de drenagem (tabela 5). Em um dos seus canais há a ocorrência de um cotovelo que faz com que diminua a velocidade do escoamento e concentre água, justamente onde se observa a formação de uma planície de

inundação. Assim, mesmo apresentando uma área concentradora de água, a sub-bacia 206 é a que menos contribui para a suscetibilidade à inundação da sub-bacia 31.

A sub-bacia 201 (Figura 44) possui um resultado de fator forma mais alto (Tabela 5), justamente por causa do seu comprimento. Por ter dois canais em direções opostas, é uma bacia que possui dois comprimentos distintos. Mas é uma bacia energética, com coeficiente de compacidade alto e declividade mediana. Sua densidade de drenagem (Figura 41) e sua eficiência (Figura 42) foram altas justamente por ter uma rede de drenagem pequena e canais muito alongados, fato confirmado com um índice de rugosidade baixo.

A bacia 202 (tabela 5), pelos parâmetros, concentra água. Sua forma se assemelha à circular (Figura 44), possui gradiente baixo, densidade de drenagem alta (Figura 41) e, conseqüentemente, eficiência de drenagem baixa (Figura 42). Sua área é menos declivosa. Percebe-se que suas nascentes estão muito próximas à foz, tendo tendência a inundar a jusante.

Por fim, observa-se na bacia 31 que, mesmo tendo um número grande de canais e com comprimentos menores (Figura 33) (indicando uma possível maior velocidade do escoamento), é uma bacia com baixo gradiente e baixa rugosidade. Desta forma, ainda que apresente relevo propício para concentração de água, outros parâmetros demonstraram que esta é a bacia com menor tendência a ter eventos de inundação.

4.5.2 Sub-bacia 32

A partir da tabela 6, observam-se os valores da análise morfométrica da sub-bacia 32, com um alto índice de rugosidade que assinala justamente um relevo mais evoluído, ou seja, com a presença de muitos canais e declividade suave (Figura 32). A partir dos índices relacionados ao gradiente, constata-se que a bacia possui um baixo Índice de Eficiência de Drenagem, isto é, apresenta uma tendência a concentrar a água que corre dentro da bacia.

Tabela 6 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 32 e suas sub-bacias de 2ª ordem

Parâmetro/Bacia	32	203	204	205	208
Ordem	3ª	2ª	2ª	2ª	2ª
Gradiente da bacia (Gr)	0,06	0,08	0,10	0,10	0,10
Índice de Rugosidade (Ir)	610,11	386,39	347,39	343,34	315,78
Densidade de Drenagem (Dd)	2,49	2,21	3,47	2,02	1,97
Índice de Eficiência de Drenagem (IED)	0,15	0,17	0,36	0,20	0,20

Coeficiente de compacidade (Kc)	1,54	1,37	1,15	1,36	1,28
Fator Forma (Kf)	0,50	0,56	0,51	0,36	0,50

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Os parâmetros relacionados à forma da bacia apontam resultados de fator de forma maior e um coeficiente de compacidade intermediário, indicando uma tendência à concentração de água na bacia. De todas as sub-bacias de 3ª ordem, a 32 é a de maior área e também maior perímetro.

Além disso, a sub-bacia de número 32 é a que possui a maior rede de drenagem entre as bacias de 3ª ordem e onde se observa uma maior quantidade de canais de ordens inferiores desaguando no canal de 3ª ordem (Figura 37), favorecendo assim uma maior descarga d'água no rio principal. Nessas áreas de confluência verifica-se a declividade mais suave (Figura 32), favorecendo a concentração de água. Também é uma bacia que contém canais em captura fluvial, canais com cotovelo e áreas de declividade baixa, indicando possíveis planícies.

No interior da bacia 32, as sub-bacias de 2ª ordem que mais se destacam são a 203 e a 204, pois possuem tendência à acumulação, interpretada a partir do fator forma e do coeficiente de compacidade, indicando um formato circular (PORTO, ZAHED FILHO E SILVA, 1999). A 203 (tabela 6) obteve resultados de coeficiente de compacidade e fator forma medianos, sendo a bacia com mais canais em comparação com as outras (as de 2ª ordem), apresentando canais menos retilíneos (Figura 44) e com baixo gradiente (Figura 39). Essa sub-bacia possui, também, mediana densidade de drenagem por conter um maior número de canais (Figura 41), resultando, assim, em uma eficiência de drenagem baixa (Figura 42). Observa-se nela pelo menos uma captura fluvial, o que influencia na formação de planícies. Desta forma, é uma sub-bacia que concentra a água, tendo tendência à ocorrência de inundações.

Na sub-bacia 204 (tabela 6), os indicadores de forma apontam resultados medianos, com o canal de 2ª ordem bem menor que seus tributários, recebendo assim um fluxo maior que sua capacidade. Ao receber o fluxo de canais de tamanhos superiores, há uma diminuição de energia do fluxo. Por possuir um canal bem declivoso e outro nem tanto, apresenta um gradiente mediano e uma densidade de drenagem alta, resultando em uma eficiência de drenagem também mediana (Figura 42).

A sub-bacia 205 (tabela 6) aparenta ser um caso de retângulo estreito: coeficiente de compacidade com valores mais próximos à forma circular e o fator forma mais próximo à

forma alongada. O gradiente e a rugosidade (Figuras 39 e 40) demonstraram resultados medianos e a densidade de drenagem baixa. O Índice de Eficiência de Drenagem (Figura 42) se expressou bem baixo, por possuir um número pequeno de canais, indicando uma maior concentração de água. O médio e o baixo curso desta sub-bacia possuem áreas baixas, indicando possíveis planícies e os canais são alongados e não muito retilíneos, favorecendo a dispersão da água. Desta forma, a interpretação de maior ou menor suscetibilidade à inundação nessa sub-bacia foi intermediária. Isto ocorre, pois há parâmetros que indicam maior concentração de água e outros, uma maior dispersão d'água.

Por fim, na sub-bacia 208 (tabela 6), os parâmetros relacionados à forma indicam uma sub-bacia mais esférica (Figura 43). Declividade bem típica: alto curso mais declivoso com médio e baixo curso com áreas mais rebaixadas progressivamente (Figura 32). Por apresentar uma pequena rede de drenagem, possui uma densidade de drenagem pequena, mas um gradiente mediano o que resulta em um Índice de Eficiência de Drenagem alto. Assim, é uma bacia com tendência a ocorrência de inundações.

4.5.3 Sub-bacia 33

A bacia 33 (Tabela 7) possui a forma semelhante à bacia 32, entretanto possui uma menor extensão de canais (Figura 33) e valores de área e perímetro menores. Possui um terreno mais declivoso (Figura 32), principalmente no médio curso, sendo o seu gradiente topográfico mais alto. Com dois canais alongados, a hierarquia fluvial faz com que tenham mais ou menos a mesma vazão, produzindo assim uma zona de controle hidrodinâmico de deposição, o que diminui a energia do sistema. Além disso, gera uma confluência de dois grandes canais.

Tabela 7 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 33 e suas sub-bacias de 2ª ordem.

Parâmetro/Bacia	33	210	211
Ordem	3 ^a	2 ^a	2 ^a
Gradiente da bacia (Gr)	0,09	0,09	0,13
Índice de Rugosidade (Ir)	612,59	547,70	614,85
Densidade de Drenagem (Dd)	2,27	2,28	2,32
Índice de Eficiência de Drenagem (IED)	0,20	0,20	0,29
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,51	1,62	1,31
Fator Forma (Kf)	0,46	0,26	0,48

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se que a rede de drenagem é mais energética, com uma maior capacidade erosiva: densidade de drenagem média, gradiente e declive alto e o maior índice de rugosidade (Tabela 7), o que influencia na produção de ainda mais canais. O Índice de Eficiência de Drenagem (Figura 38) é o mais alto entre as sub-bacias de 3ª ordem, indicando a possibilidade de ocorrências de inundações relâmpagos à jusante.

A sub-bacia 210 possui altas declividades ao longo de seu curso e alguns parâmetros indicam que ela é bem energética: rugosidade alta e gradiente alto (tabela 7). No entanto, possui densidade de drenagem baixa por conter poucos canais, havendo tendência de concentração de água exatamente nesse fator (Figura 41). Desta forma, a eficiência da drenagem também se mostra baixa.

Já a sub-bacia 211 (tabela 7) obteve resultados de coeficiente de compacidade e fator forma medianos. Isso demonstra que a sub-bacia 211 possui um formato mais triangular (Figura 44), acarretando uma análise inconclusiva da concentração ou não de água. A eficiência de drenagem é mediana. Em relação à declividade, se assemelha à 210: áreas menos declivosas no alto curso e áreas mais declivosas no baixo curso. Essa sub-bacia apresenta, ainda, o maior índice de rugosidade de todas as sub-bacias (Figura 40).

A área de confluência entre as bacias 32 e 33 possui uma maior suscetibilidade à inundação, pois a bacia 32 é a que mais drena canais de ordem inferiores e a que mais colabora para inundações de toda bacia do córrego Humaitá. Já a bacia 33 é a que apresenta a melhor eficiência de drenagem, indicando uma maior velocidade do fluxo. Logo, em uma chuva intensa, esse ponto da bacia hidrográfica do córrego Humaitá receberá água de muitos canais em uma velocidade considerável, além da água da chuva que cai diretamente no canal de 4ª ordem. Além disso, no mapa de declividade (Figura 32), observa-se ser uma área de planície que é, naturalmente, uma área concentradora.

4.5.4 Sub-bacia 34

Por fim, a bacia 34 aparenta ser um retângulo estreito (Figura 36), apresentando perímetro pequeno e comprimento grande. Assim, os parâmetros relacionados à forma da bacia (Tabela 8) dão resultados destoantes: o coeficiente de compacidade indica tendência ao acúmulo de água e o fator forma indica dispersão da água. Mesmo possuindo o coeficiente de compacidade maior entre todas (Figura 35), indicando uma forma circular, numericamente indica uma média propensão à inundação. O indicador está muito próximo do limite utilizado

neste trabalho para uma forma alongada (1,36), possuindo canais com comprimentos maiores. O fator forma é o que menos indica para concentração de água, comparado com as outras bacias, sinalizando para uma forma mais retangular.

Tabela 8 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos da sub-bacia 34 e de suas sub-bacias de 2ª ordem.

Parâmetro/Bacia	34	212	213
Ordem	3ª	2ª	2ª
Gradiente da bacia (Gr)	0,08	0,10	0,10
Índice de Rugosidade (Ir)	557,19	470,31	403,22
Densidade de Drenagem (Dd)	1,99	1,71	2,12
Índice de Eficiência de Drenagem (IED)	0,16	0,17	0,21
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,36	1,56	1,20
Fator Forma (Kf)	0,34	0,24	0,40

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Para os índices relacionados à declividade (Tabela 8), a bacia 34 detém o segundo maior gradiente em comparação às outras de 3ª ordem. Mesmo com canais bem longos, possui uma rede de drenagem pequena. Por isso, sua densidade de drenagem é baixa e a rugosidade idem. O Índice de Eficiência de Drenagem é mediano, mesmo tendo uma densidade de drenagem baixa, pois o seu gradiente é mais acentuado, fazendo com que a água acumule dentro da bacia.

As sub-bacias de 2ª ordem que a compõem seguem a mesma dinâmica. A 212 (tabela 8) é bem energética, com coeficiente de compacidade alto e fator forma baixo, indicando uma bacia mais alongada (Figuras 43 e 44). Essa sub-bacia possui bastantes áreas declivosas, principalmente em seu médio curso. Com relação aos parâmetros de gradiente, possui uma eficiência de drenagem baixa, pois mesmo com valor de gradiente mediano, o valor da densidade de drenagem foi baixo, devido a seus poucos canais, alongados e não retilíneos. Apresenta, ainda, índice de rugosidade mediano para alto.

Já a sub-bacia 213 (tabela 8) parece também ser um caso de bacia retangular estreita (Figura 44). Apresenta poucos canais e retilíneos, mas uma baixa eficiência de drenagem (gradiente mediano). Possui uma mudança brusca de direção da drenagem (cotovelo), o que pode influenciar na concentração de água, pois faz diminuir a energia do fluxo. Possui também tendência à concentração de água em sua confluência, tornando-se um ponto crítico para inundação, devido à sua localização próxima à foz de uma drenagem de 1ª ordem.

Desta forma, a bacia 34 contém três parâmetros, indicando concentração de água e apontando uma dispersão (o gradiente). Este último influencia muito na dinâmica da bacia, fazendo com que tenha uma tendência média à concentração de água. A foz da bacia 34 é um ponto com muitas interferências urbanas, pois ela está totalmente canalizada, e há a presença de uma drenagem de 1ª ordem que está totalmente impermeabilizada.

4.5.5 Sub-bacias 207 e 209

Cabe ressaltar aqui que as sub-bacias de 2ª ordem 207 e 209 não estão no interior de nenhuma sub-bacia de 3ª ordem, desaguando direto no córrego Humaitá (canal de 4ª ordem). A 207 (tabela 9) possui uma forma mais circular e com canais alongados (Figura 43), entretanto sua rugosidade e o gradiente são medianos, influenciando a existência de uma eficiência de drenagem também mediana. Os exutórios dos tributários são bem distantes uns dos outros e os canais são bem alongados e retilíneos, facilitando a dispersão de água.

Tabela 9 - Resultado do cálculo dos parâmetros morfométricos das sub-bacias 207 e 209

Parâmetro/Bacia	207	209
Ordem	2ª	2ª
Gradiente da bacia (Gr)	0,10	0,12
Índice de Rugosidade (Ir)	383,99	517,18
Densidade de Drenagem (Dd)	2,84	3,83
Índice de Eficiência de Drenagem (IED)	0,30	0,47
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,19	1,28
Fator Forma (Kf)	0,39	0,31

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Na sub-bacia 209 (tabela 9) o coeficiente de compacidade demonstrou uma forma mais circular resultando em valores de fator forma baixo. Visivelmente é uma sub-bacia alongada com poucos canais e de comprimentos menores e retilíneos (Figura 41). O índice de rugosidade indica uma rede de drenagem ainda em formação (Figura 40) e com uma boa eficiência de drenagem, indicando a dispersão da água.

4.6 MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE GEOMORFOLÓGICA À INUNDAÇÃO

A partir dos dados morfométricos, fez-se uma média entre os valores de cada parâmetro normalizado (entre as próprias sub-bacias), seguindo a metodologia apresentada. A normalização foi feita para transformar os dados que possuem dimensões diferentes para que,

ao colocá-los na mesma escala, seja possível realizar comparações entre eles. Assim, gerou-se um mapa de suscetibilidade a partir das médias dos valores parametrizados/normalizados das sub-bacias de 3ª e 2ª ordem retratados na tabela 10.

Tabela 10 - Resultados da parametrização/normalização das variáveis utilizadas para conformação do índice de suscetibilidade morfométrica.

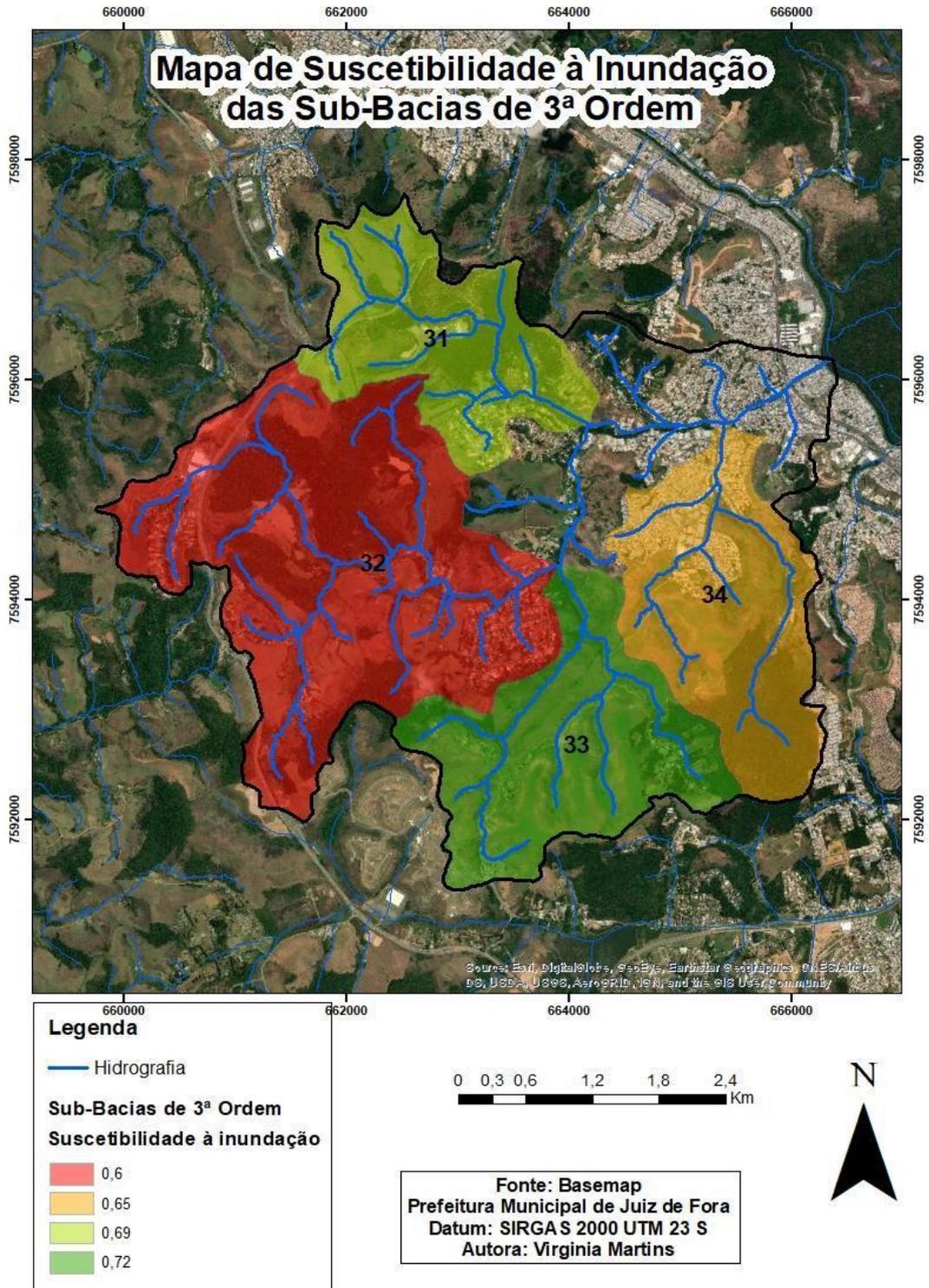
TABELA DE PARAMETRIZAÇÃO/NORMALIZAÇÃO DOS PARÂMETROS								
Bacia	Gr	Ir	Dd	IED	Kc	Kf	SOMA	MÉDIA
31	0,83	0,92	1,20	1,00	1,07	-0,89	4,13	0,69
32	0,83	1,06	1,03	0,88	1,02	-1,20	3,63	0,60
33	1,24	1,06	0,94	1,18	1,00	-1,10	4,32	0,72
34	1,10	0,96	0,83	0,94	0,90	-0,81	3,92	0,65
201	0,67	0,56	1,10	0,74	1,14	-1,31	2,90	0,48
202	0,87	0,56	1,03	0,86	0,97	-1,05	3,24	0,54
203	0,77	0,97	0,87	0,63	1,03	-1,22	3,05	0,51
204	0,96	0,87	1,36	1,34	0,87	-1,11	4,29	0,72
205	0,96	0,86	0,79	0,74	1,02	-0,79	3,60	0,60
206	1,64	1,04	1,12	1,83	0,86	-1,88	4,61	0,77
207	0,96	0,96	1,12	1,12	0,90	-0,85	4,20	0,70
208	0,96	0,79	0,77	0,74	0,96	-1,09	3,15	0,52
209	1,16	1,29	1,51	1,75	0,96	-0,68	5,99	1,00
210	0,87	1,37	0,90	0,74	1,22	-0,57	4,53	0,76
211	1,25	1,54	0,91	1,08	0,99	-1,05	4,72	0,79
212	0,96	1,18	0,67	0,63	1,17	-0,52	4,10	0,68
213	0,96	1,01	0,83	0,78	0,90	-0,87	3,62	0,60

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Vale salientar que os valores/resultados (tabela 10) foram mantidos na íntegra na espacialização (confecção dos mapas), sem a criação de classes para melhor entendimento dos contrastes entre as sub-bacias mais suscetíveis à inundação e as menos suscetíveis.

A partir da observação dos dados (tabela 10) e do mapa gerado (Figura 45), constatou-se que as bacias de 3ª ordem não dispõem de tanto destaque na responsabilidade da geração de eventos de inundação na bacia estudada. A diferença entre a menor média e a maior é de apenas de 20%, ou seja, não foi demonstrada uma discrepância de suscetibilidade morfométrica entre elas. Vê-se que as quatro sub-bacias concentram e dispersam a água aproximadamente da mesma forma. Portanto, mesmo tendo nuances de diferenciação entre elas, os resultados são inconclusivos, ou no mínimo, muito parecidos. Isso mostra a vocação da bacia de 3ª ordem em não inundar do ponto de vista morfométrico.

Figura 45- Mapa de suscetibilidade à inundação das sub-bacias de 3^a ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Consoante às análises percorridas, observa-se que a sub-bacia 32 se confirmou sendo a que mais concentra água pela sua forma circular, além de ter bastantes tributários desaguando muito próximos, o que ocasiona uma zona de baixa energia, devido à proximidade entre os exutórios. Além disso, contém no seu interior sub-bacias de 2ª ordem, como a 203, 204 e 208, bastante suscetíveis às inundações (Figura 46).

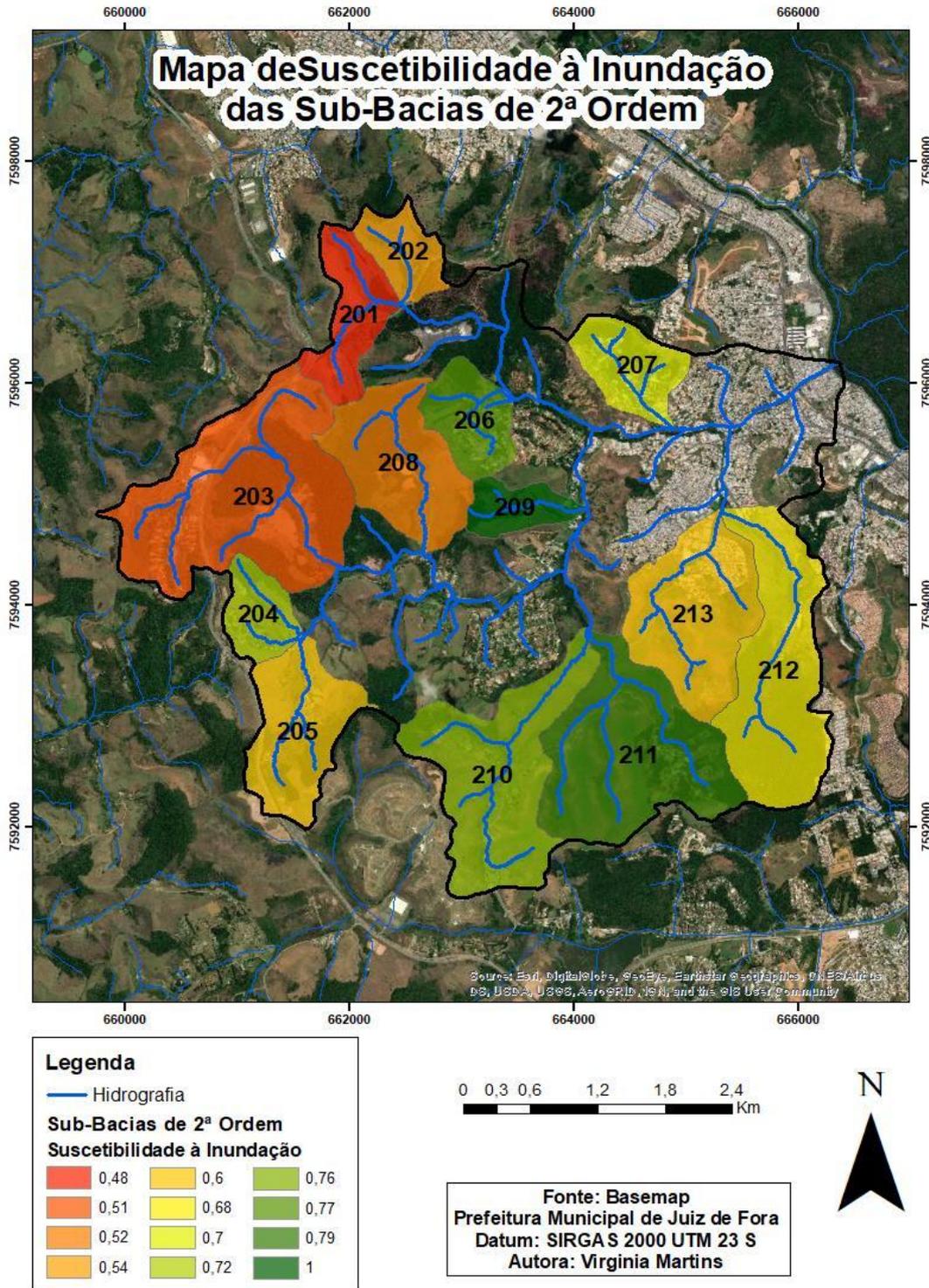
A bacia 34 é a segunda que mais concentra e contribui para a ocorrência de eventos de inundação para a bacia do córrego Humaitá, de acordo com a sua análise morfométrica e também geomorfológica. Ressalta-se que essa sub-bacia contém muitas superfícies ocupadas e sua foz encontra-se em áreas altamente urbanizadas.

A 31 contribui pouco para o desenvolvimento de inundações na bacia hidrográfica do córrego Humaitá, pois possui uma forma retangular e também contém os exutórios dos tributários desaguando em pontos diferentes. Além disso, mesmo tendo duas sub-bacias de 2ª ordem (201 e 202) mais suscetíveis morfometricamente à inundação, possui a bacia 206 que é pouco suscetível (Figura 46).

Por fim, a bacia 33 é a que menos colabora para o desenvolvimento das inundações dentre as de 3ª ordem, o que se pode observar seus canais mais retilíneos e longos, com confluências bem espaçadas e de forma triangular. Suas sub-bacias de 2ª ordem também contribuem pouco para a suscetibilidade à inundação (Figura 46), ainda que se possa observar uma captura fluvial com formação de planície na bacia 212. Cabe um olhar atento para a confluência das bacias 32 e 33 onde há um avanço de loteamento de condomínios rurais-urbanos.

Considera-se, assim, que os fenômenos de inundação na bacia hidrográfica do córrego Humaitá começam e são organizados a partir das sub-bacias de 2ª ordem. Desta forma, as respostas para as inundações que ocorrem na bacia do córrego Humaitá se encontram exatamente nas bacias de 2ª ordem (Figura 46). Estas são, portanto, as áreas em que o poder público deve concentrar sua atuação para mitigação dos efeitos das inundações.

Figura 46 - Mapa de suscetibilidade à inundação das sub-bacias de 2  ordem da bacia hidrográfica do córrego Humaitá



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Ganham destaques na influência para o aumento da suscetibilidade à inundação as sub-bacias 201, 203, 208 e 202 (Figura 46). A primeira se encontra em uma área bastante desmatada, porém com o canal de 2ª ordem preservado. A segunda, apresenta o alto curso ocupado por um condomínio fechado onde se forma uma possível planície e seu vale é ocupado por um imenso galpão. A sub-bacia 208, mesmo com suas cabeceiras preservadas, possui tendência a concentrar água em seu canal de 2ª ordem por ser alongado e sinuoso; além disso, a sua confluência com o canal de 3ª se encontra ocupada com loteamento de chácaras. Por fim, a sub-bacia 202 demonstra ter as mesmas condições da 201: são duas bacias com alta suscetibilidade à inundação se encontrando, logo, a confluência destas será um ponto de grande possibilidade de ocorrência de inundação.

Observa-se ainda, a partir do mapa da figura 46, que as sub-bacias de 2ª ordem-mais suscetíveis à inundação estão no setor noroeste da bacia do córrego Humaitá. Nessa área, há lineamentos (WSW-ENE) que estão diretamente associados ao alinhamento do interflúvio do córrego Humaitá e também das capturas fluviais. Nota-se também, nesse setor, uma menor declividade (figura 32) e também uma possível formação de planícies no médio e alto curso dos canais (principalmente nas capturas fluviais).

A partir da observação dos resultados da análise morfométrica e geomorfológica da bacia do córrego Humaitá, juntamente com os trabalhos de campo realizados, constata-se que há muitos pontos críticos à ocorrência de eventos de inundação ao longo do canal de 4ª ordem e principalmente nas suas confluências com as sub-bacias de 3ª ordem. O baixo curso da bacia estudada é o mais ocupado e também com maior número de intervenções urbanas como pavimentação, canalizações, retificações de canais, instalações de galerias pluviais, represamentos, aterro de pequenos canais e nascentes, entre outros.

Vale destacar, ainda, que os cálculos morfométricos e a interpretação morfológica não abrangem as interferências urbanas feitas ao longo da bacia, na dinâmica do sistema fluvial e na influência dessas no aumento ou não da suscetibilidade à inundação. Isto é, a descaracterização dos canais pela urbanização age como catalisadora dos processos fluviais, podendo gerar problemas relacionados à inundação.

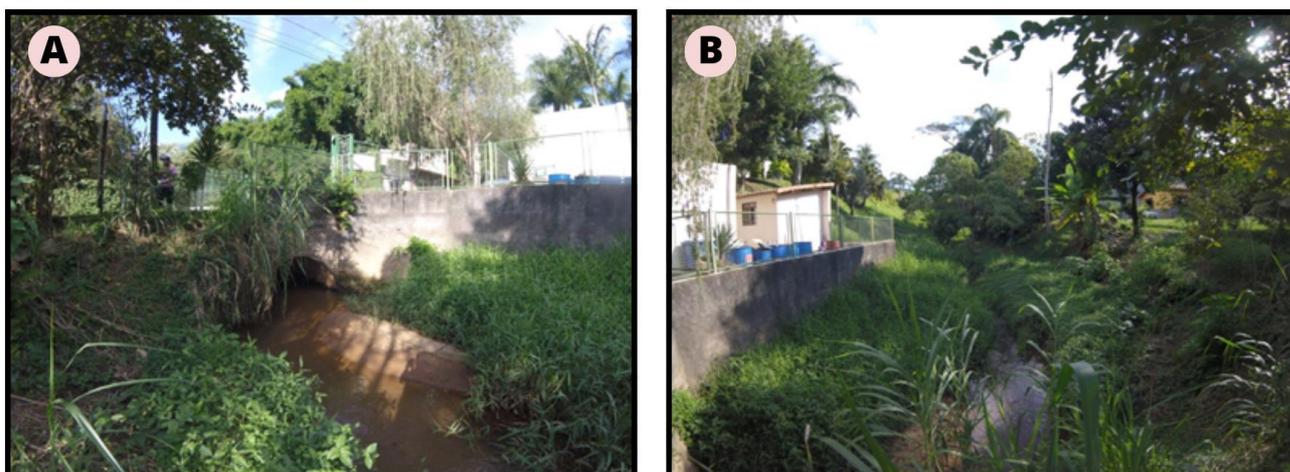
Ou seja, a impermeabilização do solo, estabelecida pela urbanização, aumenta o escoamento superficial ao longo da bacia, fazendo com que maior quantidade de água chegue ao rio ao mesmo tempo. As canalizações até poderiam drenar mais rapidamente o fluxo do rio, entretanto, o que se observa é uma construção fragmentada dessas, sem adequado

dimensionamento dos canais e sem controle de processos a montante. Desta forma, as canalizações não evitam a inundação como se esperaria que ocorresse.

A densidade da ocupação urbana nas encostas e também nas planícies fluviais afeta o balanço entre infiltração e escoamento superficial, podendo causar maiores picos de inundação nos períodos chuvosos.

A área de confluência entre as sub-bacias 32 e 33 é ocupada por condomínios fechados e alguns sítios (Figura 47 B) que realizam algumas intervenções de forma privada, como uma canalização para acelerar o fluxo conforme indicado na figura 47 A. Observa-se que a pequena canalização feita tem a finalidade de retificar parte do canal para a aceleração do fluxo e, conseqüentemente, para que este não inunde a pequena ponte que liga a estrada à portaria do condomínio. Importante ressaltar, no entanto, que é um canal que recebe fluxo das bacias 32 e 33; assim, em períodos chuvosos, o volume de água pode aumentar de maneira que a canalização não suporte e transborde.

Figura 47– A: canalização feita pelo condomínio para acelerar fluxo. B: canal antes da canalização.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Cabe destacar a importância do controle e fiscalização por parte do poder público na expansão da urbanização dessas áreas, tanto para o monitoramento da ocupação de áreas mais suscetíveis a sofrer com eventos de inundação quanto para evitar obras que possam modificar a dinâmica do rio.

Outro exemplo de intervenção no canal por parte dos condomínios é na foz da sub-bacia 207. O Condomínio Vivenda das Fontes está localizado totalmente dentro da bacia 207 e sofre constantemente com inundações no canal de 4ª ordem (Figura 48) que recebe fluxo vindo das sub-bacias 31, 32, 33 e 209, como mostra na Figura 45.

Por estar construído totalmente dentro da sub-bacia 207, o Condomínio Vivendas da Fonte acaba seguindo as regras de construções do próprio condomínio e tem a fiscalização do poder público dificultada. Observa-se, também, que há outro condomínio fechado construído na sub-bacia 206 (Figura 46).

Figura 48 - Destruição da rua pelo aumento de fluxo das águas do rio Humaitá em frente ao Condomínio Vivendas das Fontes.



Fonte: Google Street View do ano de 2016, acesso em abril 2019.

Relatos, matérias de jornais (Figura 49 e 50) e trabalho de campo podem confirmar que a área da foz do córrego Humaitá apresenta maior frequência de eventos de inundação e também é o local onde se encontra um maior número de intervenções urbanas.

Figura 49– A: Reportagem sobre inunda o na foz do córrego Humaitá no ano de 2018. B: Reportagem de inunda o na foz do córrego Humaitá no ano de 2013.

11 de março de 2018 Gerais



Chuva forte volta a causar novos pontos de alagamentos em Juiz de Fora.

A Defesa Civil de Juiz de Fora divulgou na manhã deste domingo (11) boletim com informa es sobre a chuva que caiu na cidade desde a noite deste sábado (10) até o início da manhã deste domingo (11).

6.738 curtidas

Acessa: www.vertendesasgerais.com.br

Curtir Página

Seja o primeiro de seus amigos a curtir

LOCALIZAR CONTEÚDO

PESQUISAR ...

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

POLÍCIA CIVIL LEILOA MAIS DE 1000 VEÍCULOS

B  gua invade ruas do Bairro Industrial em Juiz de Fora

Atualizada às 20h23 O aumento do nível do Rio Paraibuna devido   chuva contínua causou alagamentos ontem no Bairro Industrial, na Zona Norte de Juiz de Fora, e no município de Matias Barbosa. O mau tempo ainda provocou inunda es na cidade de Ewbank da Câmara e um deslizamento de terra em Santos Dumont, onde 19 [...]

Por Tribuna
23/12/2013 às 15h09

Atualizada às 20h23

Ativar o Wi-Fi
Acesse Configura es

Fontes: A- vertendesasgerais.com.br B- tribuna.com, acesso em novembro/2019.

Figura 50– A: Reportagem sobre inundação na foz do córrego Humaitá no ano de 2012. B: Reportagem de inundação na foz do córrego Humaitá no ano de 2007.

Segunda-feira, 5 de novembro de 2012, atualizada às 11

Nível do córrego Humaitá sobe e inunda casas e comércios em Juiz de Fora

A

Andréa Moreira
Repórter

A **Defesa Civil** de Juiz de Fora registrou na noite do último domingo, 4 de novembro, alagamentos nos



Assinantes Autenticação E-mail

as fortes chuvas. A assessoria da Defesa Civil afirma que o córrego Humaitá, que corta essas regiões, transbordou e alagou casas e comércios nestes locais. Ainda de acordo com a assessoria, cinco famílias solicitaram ajuda da pasta, com pedido de cestas básicas, colchões e roupas de cama.



o V
Acesse Confi

B

Bairro Industrial é o mais afetado pelas chuvas Moradores aguardam a queda do nível da água para voltarem às casas

**Da Redação
10/11/2007*

Assinantes Autenticação E-mail

Clique no ícone ao lado para ver 50 fotos dos moradores do bairro Industrial, localizados próximos às margens do Rio Paraíbuna.



A melhor internet está aqui!

O **bairro Industrial** é uma das regiões mais afetadas pela chuva, em Juiz de Fora, de acordo com um levantamento da Defesa Civil. Só na Zona Norte, 62 chamadas foram atendidas na madrugada desta quarta-feira, dia 09, no entanto, o número real de ocorrências não foi registrado, já que muitas pessoas foram socorridas no próprio local.

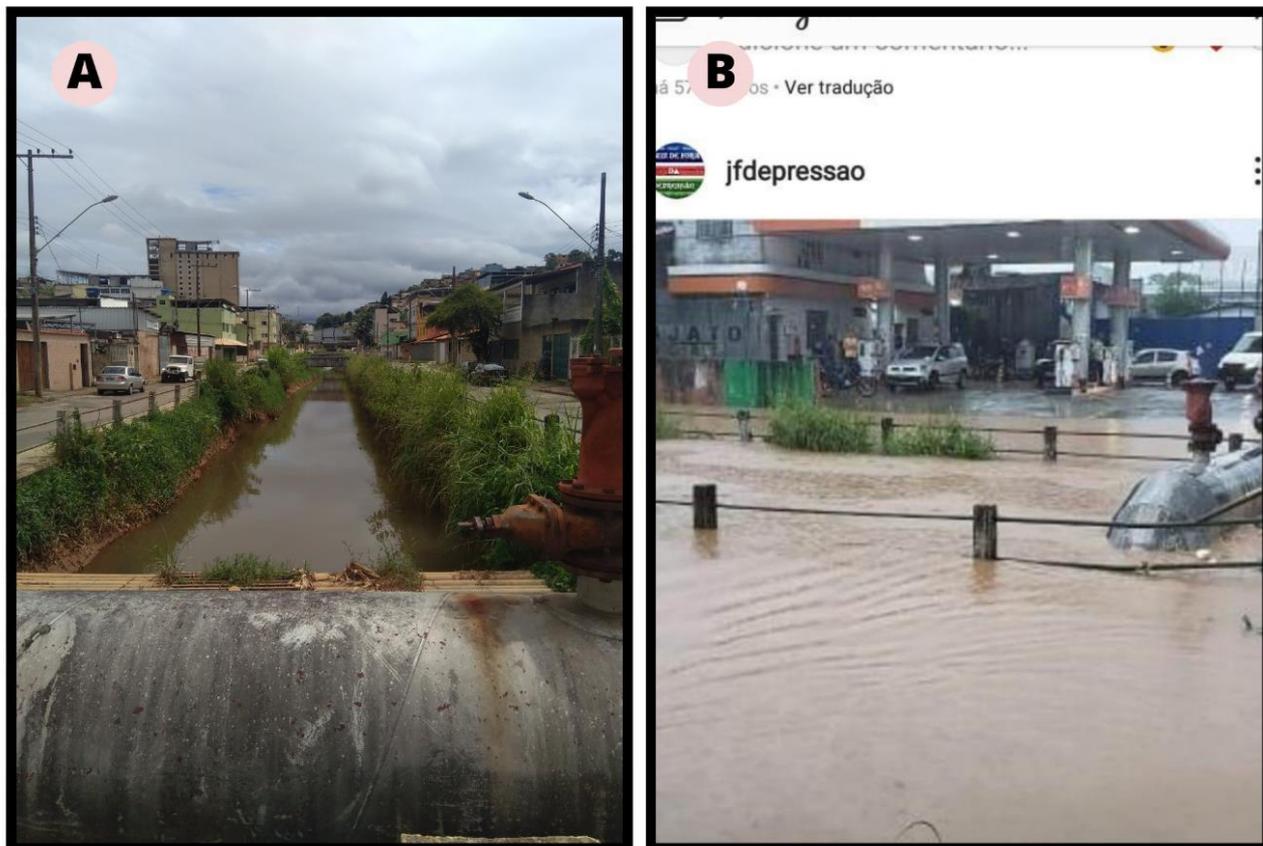


divar o Windo

Fonte: acessa.com, acesso em novembro/2019

Como se observa, a foz do córrego Humaitá é um ponto de fortes ocorrências de inundação. Isso ocorre por já ser uma área naturalmente de planície, possuir um canal de 4ª ordem, receber o fluxo de toda bacia e ainda sofrer influência da vazão do rio Paraíbuna, onde deságua. Além disso, é a área mais urbanizada de toda bacia. Confirmando essa análise, observa-se que no ano de 2020 também ocorreu mais um evento de inundação (Figura 51 A e B).

Figura 51– A: Foz do córrego Humaitá fevereiro/2020 B: Foz do córrego Humaitá março/2020



Fonte: A-Elaborado pela autora (2020) B- Rede Social jfdepressao, acesso em março, 2020.

Ainda no baixo curso, outro ponto com bastantes intervenções urbanas modificando a dinâmica fluvial é na foz da sub-bacia 34. Nessa localidade, há pavimentações de canais de 1ª ordem, como a rua Geraldo Scaldine Machado, na entrada do bairro Jardim Natal (Figura 52). Parte do canal de 3ª ordem se encontra canalizado em drenagens subterrâneas (Figura 53) e é um ponto de confluência entre esses dois canais com o de 4ª ordem (Figura 54). Assim, torna-se um ponto extremamente perigoso, ao se considerar as possibilidades de inundação, por ser uma confluência entre três canais e diversas áreas impermeabilizadas, fazendo aumentar o escoamento superficial. Além disso, o rio principal é cortado por uma ponte bem baixa dificultando o fluxo de cheia do rio.

Figura 52- Em primeiro plano o canal de 4ª ordem do córrego Humaitá e em segundo plano a rua Geraldo Scaldine Machado, um canal de 1ª ordem impermeabilizado.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 53- Avenidas e casas acima do canal de 3ª ordem da sub-bacia 34.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 54- Casas ocupando as margens do córrego Humaitá em área de confluência com a foz da sub-bacia 34 e uma pequena drenagem de 2ª ordem



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Considera-se, assim, que na bacia hidrográfica do córrego Humaitá, muitas áreas suscetíveis morfometricamente à inundação vêm sofrendo com ocupações urbanas e expansão de condomínios fechados com arruamentos e aumento do escoamento superficial. A partir da interpretação dos dados gerados e também dos trabalhos de campo realizados, constata-se que a bacia estudada sofre com graves ocorrências de inundações e também com a ausência do poder público, tanto na fiscalização quanto nas medidas de mitigação e prevenção dos eventos de inundação. Por fim, destaca-se que a interpretação escalar da análise morfométrica facilitou a compreensão desses fenômenos e deve ser considerada também na gestão pública da bacia.

5 VULNERABILIDADE SOCIAL

5.1 O CONCEITO DE VULNERABILIDADE SOCIAL

As investigações sobre a temática de risco foram inseridas na Geografia a partir do século XX e apresentavam uma preocupação em relacionar a população com elementos do meio físico que servissem para identificar suas suscetibilidades a fenômenos que poderiam acarretar perigo para as pessoas. Devido à dificuldade de quantificar os componentes sociais, estes, por fim, ficavam ausentes dos estudos de riscos e de desastres, naquele primeiro momento.

Marandola Jr. e Hogan (2004) afirmam que o risco é uma situação do futuro, uma incerteza, ou seja, uma probabilidade de ocorrer ou não um perigo. Desta forma, estar em risco é estar sujeito à ocorrência de um evento. Saito, Soriano e Londe (2015 p.26) trazem o significado de risco (R) utilizado pela *United Nations International for Disaster Reduction* (UNISDR) que é a “combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas”, traduzido pela equação:

$$R=(P.V)/Re$$

Em que P é perigo, V vulnerabilidade e Re resposta que a sociedade terá ao risco. Assim, o risco só ocorrerá se houver uma sociedade vulnerável a sofrer danos. Na vida contemporânea, os riscos e perigos estão cada vez mais intensos, em várias magnitudes, naturezas e consequências (MARANDOLA JR. E HOGAN, 2006).

Em se tratando dos riscos, temos de um lado os processos perigosos (hazards) e de outro a sociedade, o político, a economia e a cultura que são potencialmente afetados pelos primeiros. E no interior dos estudos de riscos que vemos, aborda-se bem mais os processos perigosos do que as vulnerabilidades (CUNHA ET AL, 2011). Marandola Jr. e Hogan (2006) observam ainda que muitos riscos são produzidos globalmente e, depois, distribuídos indiscriminadamente. Entretanto, estruturas locais funcionam como filtros que absorvem, ou não, os impactos e danos gerados, isto é, podendo amortecer o perigo. Condições sociais agem de forma diferente no enfrentamento aos riscos.

Para Souza (2018) o risco é dividido em duas linhas. A primeira linha trata do risco objetivo, que constitui aquele a ser estimado na ocorrência de um perigo, considerado pelo autor uma fonte de ameaça. Este risco também estima a magnitude do impacto gerado, ou

seja, relata o tamanho da ameaça e não somente a probabilidade de ocorrência. A segunda linha diz respeito ao risco subjetivo que é como a população percebe esse risco, vivenciado no cotidiano, por aqueles que serão atingidos: configura-se na percepção ambiental e seus vários fatores. Com base nisso, pode-se afirmar que conhecimento científico não é somente técnico e objetivo, pois também é um discurso construído. Os pesquisadores carregam em si seus pontos de vista, suas subjetividades, levando estas para suas avaliações de risco.

Desta maneira, Souza (2018) afirma que o risco seria algo socialmente vazio se não levasse em conta a vulnerabilidade social. O desastre, por sua vez, é um evento de dimensões trágicas, capaz de provocar distúrbios sérios no cotidiano e, mesmo sendo originado por fenômenos naturais, estes não o faz sem a intermediação dos elementos sociais como a distribuição de classes e grupos sociais no espaço.

Por isso, deve-se entender que o risco não é somente de origem natural e deve se considerar a percepção que a sociedade tem do perigo e os mecanismos que se tem para responder a eles (institucionais e socioeconômicos). Em concordância a isso, Rodrigues (2016) indica que os desastres ditos naturais têm como sujeito a organização social. Isso quer dizer que os riscos e perigos só se constituem assim, pois há grupos sociais eminentemente ameaçados, e esses não são iguais em sua exposição ao perigo (MARANDOLA JR. e HOGAN, 2004; RODRIGUES, 2016).

Atualmente os estudos dos desastres naturais colocam em questão as abordagens naturalistas de perigos inserindo a vulnerabilidade social e concebendo os riscos como uma construção social (NASCIMENTO JR e SANT'ANNA NETO, 2016; SOUZA, 2018).

Para Saito, Soriano e Londe (2015), a vulnerabilidade é um conjunto de processos físicos, econômicos e sociais que aumentam as chances de uma população sofrer os impactos do perigo. Os autores defendem que é uma condição momentânea e, por isso, dinâmica. Cutter (1996) alega que a vulnerabilidade é a probabilidade de um grupo ser exposto e afetado pelos eventos naturais. Ou seja, é a interação entre o perigo que o lugar oferece e o perfil social da comunidade. A autora ressalta que os elementos que estabelecem a vulnerabilidade interagem para produzir em lugares específicos e podem mudar com o tempo; ocorrem assim, com o tempo, as mudanças nos riscos, nas mitigações dos impactos, nos contextos sociais e, logo, na vulnerabilidade social. Todos os desastres são locais, então suas respostas também serão.

Hummel *et al* (2016) argumentam que a vulnerabilidade está na diferença de capacidade de uma comunidade se preparar, responder e se recuperar de desastres naturais. Mesmo que a exposição ao perigo seja a mesma entre os grupos sociais distintos, o impacto gerado será de acordo com a possibilidade que o grupo tem de lidar com os efeitos gerados.

Partilhando do mesmo ponto de vista, Cunha *et al* (2011) dissertam que a vulnerabilidade social é a propensão da população exposta aos perigos ou dos recursos materiais sofrerem perdas a partir de suas características físicas, econômicas, políticas, culturais e institucionais. Portanto, a vulnerabilidade será de um lado a exposição de pessoas e bens aos perigos, e de outro a resistência dos indivíduos expostos a eventos de impactos negativos.

Cutter (2011) propõe, ainda, uma ciência da vulnerabilidade, sendo esta uma integração interdisciplinar das ciências humanas, naturais e das engenharias. A proposta dessa ciência é fornecer uma base empírica para o desenvolvimento de políticas públicas e para a redução de riscos a partir de métodos que avaliem a vulnerabilidade social, isto é, analisar os fatores que influenciam na capacidade da população em se preparar e se recuperar dos desastres. Para isso se faz necessário ter uma abordagem integradora entre os sistemas físicos, sociais e artificiais¹⁰.

As abordagens sobre vulnerabilidade social, em grande parte, são complementares e por isso é importante que se utilize da diversidade de abordagens para uma melhor compreensão da complexidade que este conceito carrega. Um consenso entre as abordagens é sobre a importância da crítica para a diminuição da vulnerabilidade social, incluindo questões sobre justiça e equidade social. Assim, vulnerabilidade social é um conceito relacionado às questões de justiça social, igualdade e oportunidade. (EAKIN e LUERS, 2006).

Para Eakin e Luers (2006), as avaliações de risco-perigo usam a ameaça biofísica como ponto de partida. Os autores mostram que a ecologia política surgiu em resposta às avaliações dos impactos e desastres, fazendo uma crítica à ênfase tecnocrática. Enfatizam fatores sociopolíticos, culturais e econômicos que, juntos, explicam a exposição diferenciada a perigos, impactos, capacidade de recuperação de desastres e de enfrentar e se adaptar a ameaças futuras.

¹⁰As estruturas artificiais que a autora se refere aqui são: diques, barragens, rede urbana, rede de transporte, etc.

Acsehrad, Mello e Bezerra (2009), ainda colocam em debate que a questão ambiental hoje é vista como ordem meramente técnica, ou seja, desperdício e escassez de matéria e energia, atendendo a uma lógica do mercado. O próprio mercado é responsável por regular as questões ambientais. Os autores ainda salientam que grande parte das pesquisas e do pensamento ecológico hegemônico não operam na relação entre as condições ambientais e sociais. Marandola Jr. e Hogan (2006) defendem que a problemática ambiental é reconhecida como consequência da dinâmica e estrutura social. Assim, os riscos e perigos são produtos do sistema, entrançado na trama social.

Seguindo essa mesma abordagem, Acsehrad (2006) argumenta que a vulnerabilidade social vai para além da capacidade de uma população responder ou não a um evento. Para o autor, a vulnerabilidade é imposta por aqueles que possuem o poder de escolha e de mobilidade espacial.

A vulnerabilidade é histórico-social. É retrato da exposição de grupos sociais a certos perigos e riscos, devido a sua pequena capacidade de se protegerem de danos, sendo gerada, portanto, por fenômenos como segregação socioespacial, pobreza, acesso à informação, entre outros. O conceito de vulnerabilidade, então, serve para evidenciar a fragilidade relativa de um grupo social em decorrência das assimetrias sociais mais ou menos profundas e desigualdades mais ou menos estruturais (SOUZA, 2018).

Além disso, Acsehrad (2006) afirma que a vulnerabilidade também é construída a partir da visão do que é tolerável ou intolerável em cada situação. Ou seja, quanto menor expectativa se tem da vida, mais fácil é a aceitação da sua condição atual. A tolerância ou não àquele risco, então, seguirá uma linha em que de um lado a vida é sagrada e do outro a vida é “sacrificável”.

Os contextos explicam, fundamentam e amplificam a exposição e a capacidade de enfrentamento das populações vulneráveis. Entende-se por esses contextos a configuração geográfica, condições sociais, econômicas e políticas, respostas da comunidade a cada fase do desastre (antes, durante e após a ocorrência), normas culturais, governança e processos históricos. Toda a contextualização geográfica e temporal é fundamental para desconstruir a vulnerabilidade. A percepção dos riscos é formada pela consciência sobre eles e as experiências anteriores. Consciência se faz necessário para a etapa de preparação, dessa maneira, quanto menor a conscientização dos riscos, menor será a adoção de medidas protetoras pela população (RUFAT *ET AL*, 2015).

Estar desconectado do mundo aumenta a exposição ao risco, pois o isolamento torna o grupo incapaz de acionar os mecanismos de proteção. Há situações que colocam determinados grupos em isolamento: racismo, desigualdade social, preconceitos, choques culturais e entre outros. Assim, Marandola Jr. e Hogan (2006) afirmam que para um esboço da vulnerabilidade é preciso entender a percepção do risco e o papel dos sistemas culturais.

A aceitabilidade do risco está muito atrelada à vulnerabilidade. Havendo formas de se proteger de um perigo iminente, o risco torna-se tolerável por aquele grupo, mas se não há recursos para ajustar, os riscos se tornam maiores. Desta forma, se faz necessário aumentar o papel social do risco a partir da comunicação entre os grupos sociais, o conhecimento científico e as instituições. Portanto, o conceito de vulnerabilidade é qualitativo: é um conjunto de componentes das próprias pessoas e do lugar, ou seja, é percebido como interno; estando, portanto, os conceitos de risco e perigo apresentados externamente (MARANDOLA JR. E HOGAN, 2006). Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), por sua vez, afirmam que a vulnerabilidade social é uma configuração complexa de características como bem-estar social, redes políticas e sociais, resistências aos eventos, autoproteção, entre outros.

Eakin e Luers (2006) reiteram que a vulnerabilidade não é um resultado, mas sim um estado ou uma condição de ser modelado pelas desigualdades na distribuição e no acesso aos recursos; o controle que os indivíduos podem exercer sobre as escolhas e oportunidades e os padrões históricos de dominação e marginalização social.

Alguns autores trazem o debate sobre o uso do conceito de resiliência para os estudos de riscos. Eakin e Luers (2006) demonstram o conceito de resiliência ecológica como sendo a capacidade do sistema de reorganizar enquanto passa por mudanças e mantém a estrutura e função, ou seja, absorve a perturbação e ainda mantém as relações. Marandola Jr. e Hogan (2006) ainda afirmam que o conceito de resiliência é um conceito físico, onde o sistema que sofreu a perturbação volta a sua forma original de equilíbrio.

Entretanto, Souza (2018) alerta que o uso do conceito de resiliência pode ser facilmente manipulado, pois indica uma importância em superar as dificuldades e retornar a uma “vida normal”, aceitando assim o status e não se mobilizar para mudar o que produz a vulnerabilidade.

Mendonça (2010) observa que as condições para retorno de ambiente e sociedade, em países não desenvolvidos, ao cenário anterior ao impacto da degradação, não são benéficas, posto que são injustas e degradadas. Para o autor, essa afirmação se confirma, pois se observa,

anteriormente ao impacto, a presença de um alto grau de risco e vulnerabilidade, tornando não recomendada a volta a esse estado anterior.

Souza (2018) ainda enaltece algumas virtudes do conceito de resiliência como “se recuperar” e “se ajustar” e afirma que são essenciais em algumas circunstâncias, mas deve-se sempre valorizar a resistência perante os processos sociais que ajudam a fabricar os desastres. E por fim, reafirma a importância de avaliar as condições de um grupo de conseguir reconstruir a vida, mas é preciso ir além e investigar como terão a percepção de suas vulnerabilidades para, sendo protagonistas, promoverem mudanças sócio-espaciais mais profundas.

5.2 AVALIANDO A VULNERABILIDADE SOCIAL

A partir do século XX, há um grande questionamento sobre a distribuição desigual dos efeitos dos desastres dentro de uma localidade e grupos sociais, reforçada pela desigualdade de condições de vida entre diferentes locais e entre diferentes grupos. Raça, etnia, renda, riqueza e pobreza são fatores utilizados para entender o porquê desses indivíduos ocuparem áreas com maiores riscos, em lares inadequados e que não conseguem resistir ao desastre. Cidadãos mais vulneráveis residem em localidades mais antigas, mais pobres, de maior densidade, segregadas e propensas a sofrerem com os desastres (ZAHARAN, 2008).

Para compreender a vulnerabilidade social de cada grupo, faz-se necessário considerar diversos indicadores de características demográficas e ambientais da sociedade. As diferenciações dos grupos mais ou menos vulneráveis vão além da dicotomia rico e pobre, ou seja, a avaliação feita para o agrupamento não se deve somente à análise da relação monetária dos impactos. Para Tapsell *et al* (2002), as perdas sentimentais, psicológicas e na saúde são mais devastadoras que a perda monetária. O conhecimento profundo do perigo, dos processos sociais e geográficos e a escala adequada são elementos necessários para uma apreensão melhor da vulnerabilidade. Marandola Jr. e Hogan (2006) complementam, indicando que o conhecimento sobre a vulnerabilidade possui delimitações devido ao dinamismo espaço-tempo e às incertezas inerentes aos fenômenos estudados.

Sobreira e Souza (2012), em seu estudo, também ressaltam que não é somente a renda o elemento a ser considerado para avaliar a vulnerabilidade social, mas também educação, saúde, percepção dos sujeitos do seu espaço, infraestrutura, entre outros. Para Rufat *et al* (2015) os principais condutores de qualidade de vida são transporte, qualidade do ambiente

construído, escolas, densidade populacional, urbanidade e legitimidade dos assentamentos, todos eles sendo responsáveis por impactar a vulnerabilidade social. Assentamentos ilegais causam sofrimentos mentais, principalmente em áreas de riscos, pelo sentimento que a população residente carrega de ser negligenciada pelo poder público. Essa negligência é percebida na falta de infraestrutura, fragilidade do sistema de drenagens e também na exclusão dos processos participativos, bem como na impossibilidade de acessar mecanismos que diminuam sua vulnerabilidade (RUFAT *ET AL*, 2015).

A vulnerabilidade social não é, necessariamente, observada de maneira direta. Ela não é somente o resultado da interação entre os sistemas físicos e construídos, pois envolve também características sociais e demográficas. Porém, os indicadores (qualitativos ou quantitativos) são ferramentas analíticas muito relevantes, que representam características de um sistema de interesse. Segundo Tate (2012) eles podem ser compostos por uma variável ou uma combinação de variáveis. Para Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011), não há consenso sobre quais variáveis devem ser usadas para mensurar a vulnerabilidade social. Os autores afirmam que as mais usadas são status socioeconômicos, idade, raça e gênero. É importante frisar que nenhum conjunto de indicadores consegue ser totalmente conclusivo, ou seja, algumas variáveis podem atender a um resultado esperado, mas não atender a outros, não demonstrando, portanto, a dinâmica da vulnerabilidade.

De acordo com Cutter (2011), observa-se que os indicadores devem identificar a relação entre vulnerabilidade social e ambiente, dando enfoque às principais características sociais de cada localidade. Desta forma, os indicadores escolhidos contribuirão para a reflexão sobre o acesso à informação, a representação política e o poder nas tomadas de decisões, o capital social e os costumes dos grupos sociais.

Uma maior renda oferece ao grupo social um lugar de prestígio nos espaços de tomadas de decisões. A renda e pobreza, principais motores da vulnerabilidade social, são ligadas a outras formas de capital como acesso educacional, tipos de emprego (formal ou informal), superlotação domiciliar, propriedade e desemprego. Em se tratando de valores perdidos, realmente a população mais rica perde mais dinheiro nos desastres. Entretanto, esse grupo possui uma capacidade bem maior de recuperar esses valores e ainda, de arcar com os custos perdidos. Já a população de menor renda perde menores valores, no entanto demora muito para recuperar (RUFAT *ET AL*, 2015). É exatamente essa população que possui menos possibilidades de emprego e de moradia, é mais exposta aos riscos e possui maior

dependência das instituições públicas. Assim, pode-se afirmar que uma inundação afeta desproporcionalmente as famílias de baixo nível socioeconômico (RODRIGUES, 2016; RUFAT *ET AL*, 2015).

Outro indicador importante para a compreensão da vulnerabilidade social é o de educação. Rodrigues (2016) afirma que quanto maior for o nível de escolaridade, maior será o ganho em expectativa de vida. Em consequência, o baixo nível de escolaridade de uma população a torna mais vulnerável, pois dificulta a percepção que ela terá dos riscos, servindo ainda como limitante no acesso à informação para a recuperação pós-desastre. Em sua relação com outros indicadores como raça e gênero, a escolaridade pode aumentar ainda mais a vulnerabilidade, pois grupos sociais como negros e mulheres historicamente são os que menos possuem acesso às escolas e faculdades. Vale salientar que um sistema falho de ensino é benéfico para a (re)produção do capitalismo, principalmente em países não desenvolvidos como o Brasil, pois garante ao sistema uma população que não questiona as desigualdades produzidas e que não luta por seus direitos a partir de organizações sociais (RODRIGUES, 2016; ARMOLD, 2018; ACSELRAD, 2004).

As variáveis relacionadas ao indicador de raça nos fazem refletir como o racismo está presente na configuração espacial dos riscos. Os negros, pardos e indígenas são os mais afetados pelas consequências dos desastres. Nos estudos sobre racismo ambiental apontados por Acselrad, Mello e Bezerra (2009), observa-se que lugares com grupos raciais minoritários possuem uma maior probabilidade de sofrer com riscos e desastres. Além disso, os pesquisadores indicam uma menor atuação do Estado nessas localidades. Os autores vão além, ao apontar que estudos comprovam que o fator raça se correlaciona com vulnerabilidade mais que o fator renda, mesmo esses dois indicadores estando fortemente ligados.

Se relacionarmos raça com os indicadores de renda e educação, perceberemos que os negros possuem menos poder socioeconômico, menor taxa de acesso à educação e, conseqüentemente, menor possibilidade de mobilidade espacial. São exatamente essas características que dificultam a organização dessas minorias para combater a distribuição desigual dos riscos (ACSELRAD, MELLO E BEZERRA, 2009). Observa-se que os principais espaços de tomadas de decisões políticas e econômicas são compostos por, em sua grande maioria, homens brancos.

O indicador relacionado ao gênero amplia a percepção do preconceito presente na distribuição desigual dos riscos. As mulheres são consideradas o grupo mais vulnerável dentro desse indicador, pois compõem a maior parte dos desempregados, com menores salários e em tarefas de prestação de cuidados. Ademais, deve-se considerar que muitas assumem o papel de chefe de famílias sozinhas (mãe solo) tornando-se mais dependentes de assistências sociais oferecidas por instituições públicas e privadas. Porém, Rufat *et al* (2015) contestam parte dessa afirmativa. Os autores demonstram que são as mulheres que possuem uma maior percepção dos riscos e que são mais capazes de enfrentamento na recuperação e nas relações sociais. Questionam, assim, se a dependência das mulheres dentro da análise de vulnerabilidade social é superestimada. Dessa maneira, afirmam que o gênero por si só não é preditivo de vulnerabilidade social e deve se relacionar com outros fatores socioeconômicos.

Por fim, para completar os indicadores socioeconômicos de avaliação e medição da vulnerabilidade social, há os indicadores de saúde e idade. Os dois se relacionam bem, pois idosos e crianças, os mais vulneráveis socialmente, são os que mais dependem de um sistema de saúde forte e acessível. Além disso, esses grupos possuem uma maior dificuldade de locomoção, o que torna refratável uma possível fuga na ocorrência de um evento. Constituem, portanto, aqueles que precisam de ajuda na mobilidade e de cuidados especiais (CUTTER, 2011; RODRIGUES, 2016; FEKETE, 2009).

Quanto às crianças, Rufat *et al* (2015) afirmam que elas são, realmente, mais vulneráveis, entretanto, impulsionam a recuperação, pois contribuem para a rede comunitária com sua escolaridade e/ou fornecendo assistências às famílias.

O entendimento da vulnerabilidade social apresenta grandes possibilidades de expansão na ciência geográfica, e para isso não se deve abordar somente os âmbitos da renda e do econômico, tornando-se necessário também avaliar o âmbito ambiental por se tratar de potencializador dos danos gerados pós-desastre (MARANDOLA JR. E HOGAN, 2006). As variáveis que indicam uma qualidade ambiental dos domicílios, como energia elétrica, coleta de lixo regular, número de banheiros, acesso a deficientes físicos e outros, influenciam na percepção das possíveis perdas geradas por um desastre. As estruturas dos domicílios e das propriedades, quer dizer, do ambiente construído, reproduzem um padrão da construção do espaço urbano capitalista que, segundo Armond (2018), é pautada na desigualdade, possuindo assim a vulnerabilidade social em sua estrutura.

Cutter (2011) afirma que os inquilinos não possuem seguros, não investem em melhorias na habitação e na comunidade, tampouco nos tipos de construção. Entretanto, se faz necessário o questionamento sobre o consenso de que todas as pessoas que possuem propriedade do imóvel possuem de fato melhores condições de proteção e recuperação dos desastres. Um exemplo disso se vê nos jornais e noticiários sobre as habitações do programa federal Minha Casa, Minha Vida, principalmente da faixa 1, que apresentam grandes falhas de construção como “rachaduras, vazamentos, às vezes até mesmo sem ligação de água e esgoto” (CAU, 2018).

Os indicadores de infraestrutura e segurança apontam que os lugares sem uma estrutura adequada de esgoto, distribuição de água, transporte e comunicação estão mais vulneráveis aos desastres naturais, pois, além de seus moradores estarem sujeitos a perderem seus poucos recursos, eles também possuem baixa capacidade de mobilidade, ou seja, de sair daquele lugar afetado. Por não possuírem voz e poder de decisão dentro das instituições, a busca por infraestrutura antes e após o desastre torna-se ainda mais complicada, e grande parte dessa população, por falta de informações e de consciência, acaba aceitando a convivência com os riscos.

O que se reflete sobre esses indicadores é que eles possuem uma significativa relação uns com os outros, contribuindo ainda mais para o processo de vulnerabilização. Indicadores de vulnerabilidade refletem quantitativamente um fenômeno com intuito de facilitar a compreensão sobre a capacidade daquela comunidade em absorver, enfrentar ou se recuperar de um desastre. As variações temporais dos indicadores mostram como as ações e as decisões tomadas modificam a vulnerabilidade, ou seja, se esta está aumentando ou diminuindo.

Com o índice de vulnerabilidade social, obtém-se um meio de gerar informações sobre pessoas potencialmente afetadas por desastres, fazendo com que este índice seja cada vez mais aplicado. Índices são avaliações quantitativas de fenômenos qualitativos, o que os torna sujeitos a generalizações com objetivo de viabilizar comparações; é por isso que as avaliações de vulnerabilidade são feitas por geração de índices (muitas vezes limitadas pela disponibilidade de dados) e não por validação adicional (CUTTER, 2011; FEKETE, 2009; GOERL, KOBIYAMA E PELLERIN, 2011).

Fekete (2009) argumenta que do universo de índices existentes, poucos são validados, pois para isso é preciso um conjunto de dados independentes. Admite, ainda, que validar se torna difícil, pois a vulnerabilidade social é, muitas vezes, escondida e complexa em vários

aspectos humanos da sociedade. A vulnerabilidade social é vista como um conceito simples (estudos focados em um item específico, para um perigo específico) e também de difícil medição, por questões metodológicas.

Entretanto, Fekete (2009) também reconhece que há uma necessidade de primeiro um índice para depois validá-lo. Os índices capturam características de certos grupos sociais que os tornam expostos e suscetíveis ao risco de desastre.

Tate (2012) defende que os métodos qualitativos são fundamentais para descobrir principais fatores de vulnerabilidade e poder construir estratégias para enfrentar e desconstruir aspectos da vulnerabilidade. O autor dá exemplos de formas de validação como entrevistas, pesquisa domiciliar, perdas econômicas, perdas do ambiente construído, grupos focais, entre outros.

5.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE SOCIAL DOS SETORES CENSITÁRIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO HUMAITÁ

Dentro da bacia hidrográfica do córrego Humaitá identificou-se 66 setores censitários, de acordo com o IBGE (2010), sendo que alguns não estão totalmente dentro da bacia, como, por exemplo, o 35, 04, 36, 43 e outros. Foram encontrados dados demográficos nas planilhas do censo (IBGE, 2010) somente de 46 setores, constituindo-se por 41 considerados áreas urbanizadas de cidade ou vila e 5 setores áreas não urbanizadas de cidade ou vila (18, 35,36,37 e 03). Na Tabela 11 observa-se o cálculo dos seis indicadores formulados por Goerl, Kobiyama e Perllin (2017).

Tabela 11 - Resultados brutos dos indicadores de vulnerabilidade social com base no censo do IBGE (2010). Número de moradores no setor (Nm), média de moradores por domicílio (Mn), densidade demográfica (Dd), população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD), pessoas analfabetas acima de 12 anos (E) e responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo (R).

Setor	Nm	Mn	Dd	TD	E	R
1	1132	3,1	13623,83	0,23763	0,07104	0,36314
2	696	3,1	441,46	0,26149	0,01554	0,13453
3	8	4	5,64	0	xxxxxx	xxxxxx
4	648	3,6	8830,26	0,31944	0,05066	0,71978
5	600	3	17121,19	0,215	0,03427	0,29208
6	821	3,3	4445,07	0,26918	0,04934	0,44355
7	256	3,4	10941,99	0,28906	0,07263	0,72368
8	2056	3	12186,59	0,2179	0,02234	0,24103
9	963	3,2	9429,44	0,23364	0,04563	0,3255

10	553	3,2	3123,96	0,20976	0,02169	0,26901
11	939	3,1	15497,73	0,22577	0,02872	0,42434
12	1066	3,1	19717,48	0,19512	0,03337	0,31105
13	750	3,5	9952,03	0,26133	0,03979	0,28638
14	605	3,1	9467,67	0,24959	0,01908	0,26154
15	483	2,6	52912,95	0,15114	0,00978	0,11765
16	977	2,8	4656,15	0,20164	0,01153	0,33815
17	696	3,1	2284,08	0,21839	0,04658	0,19824
18	1751	3,2	2116,5	0,21702	0,02028	0,13768
19	758	3,3	9588,59	0,26913	0,01749	0,38261
20	383	3,6	8819,17	0,25326	0,07	0,52778
21	574	3,2	9410,55	0,22474	0,05591	0,46961
22	838	3,1	10589,65	0,22315	0,03165	0,36264
23	1002	3	26886,63	0,21457	0,03369	0,37237
24	952	3	21778,17	0,23634	0,04459	0,45048
25	494	3,2	9569,49	0,19838	0,03423	0,27273
26	689	3,2	1943,76	0,23077	0,0516	0,37559
27	1604	3,4	0,08	0,26746	0,07492	0,52778
28	593	3,1	7273,91	0,20236	0,02381	0,32642
29	649	3,1	15695,44	0,19723	0,01493	0,52582
30	995	3,1	3010,1	0,20402	0,01413	0,48923
31	720	2,9	3047,06	0,17917	0,01917	0,30556
32	529	3	13337,5	0,22495	0,04279	0,47126
33	665	3,2	13219,52	0,21353	0,04869	0,50244
34	589	3,4	8013,33	0,21392	0,05139	0,47727
35	235	3,1	46,96	0,24681	0,04712	0,48
36	353	3,4	30,58	0,23513	0,13851	0,53846
37	54	3,2	8,14	0,18519	0,08696	0,52941
38	1467	3,3	8254,6	0,2638	0,04167	0,3236
39	1262	3,3	8008,68	0,24802	0,04834	0,41514
40	-----	-----	-----	-----	-----	-----
41	1064	3,2	9605,14	0,21898	0,02442	0,37764
42	-----	-----	-----	-----	-----	-----
43	1170	3	26413,4	0,2453	0,02714	0,33333
44	828	3,1	12903,41	0,26329	0,01583	0,27612
45	1019	3	11646,65	0,23356	0,01461	0,25872
46	325	2,8	3226,29	0,18154	0,01379	0,23478
47	52	3,1	1402,41	0,23077	0,06977	0,47059
48	23	2,6	72,6	0,30435	0	0,55556
49	-----	-----	-----	-----	-----	-----
50	-----	-----	-----	-----	-----	-----

51	-----	-----	-----	-----	-----	-----
52	-----	-----	-----	-----	-----	-----
53	-----	-----	-----	-----	-----	-----
54	-----	-----	-----	-----	-----	-----
55	-----	-----	-----	-----	-----	-----
56	-----	-----	-----	-----	-----	-----
57	-----	-----	-----	-----	-----	-----
58	-----	-----	-----	-----	-----	-----
59	-----	-----	-----	-----	-----	-----
60	-----	-----	-----	-----	-----	-----
61	-----	-----	-----	-----	-----	-----
62	-----	-----	-----	-----	-----	-----
63	-----	-----	-----	-----	-----	-----
64	-----	-----	-----	-----	-----	-----
65	-----	-----	-----	-----	-----	-----
66	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Com base nesses resultados, foi feita a normalização e, dos valores gerados por ela, calculou-se a vulnerabilidade social da bacia hidrográfica do córrego Humaitá (Tabela 12).

Tabela 12 - Resultados normalizados dos indicadores e da vulnerabilidade social com base no censo do IBGE (2010). Número de moradores no setor (Nm), média de moradores por domicílio (Mn), densidade demográfica (Dd), população acima de 65 e abaixo de 12 anos (TD), pessoas analfabetas acima de 12 anos (E) e responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo (R).

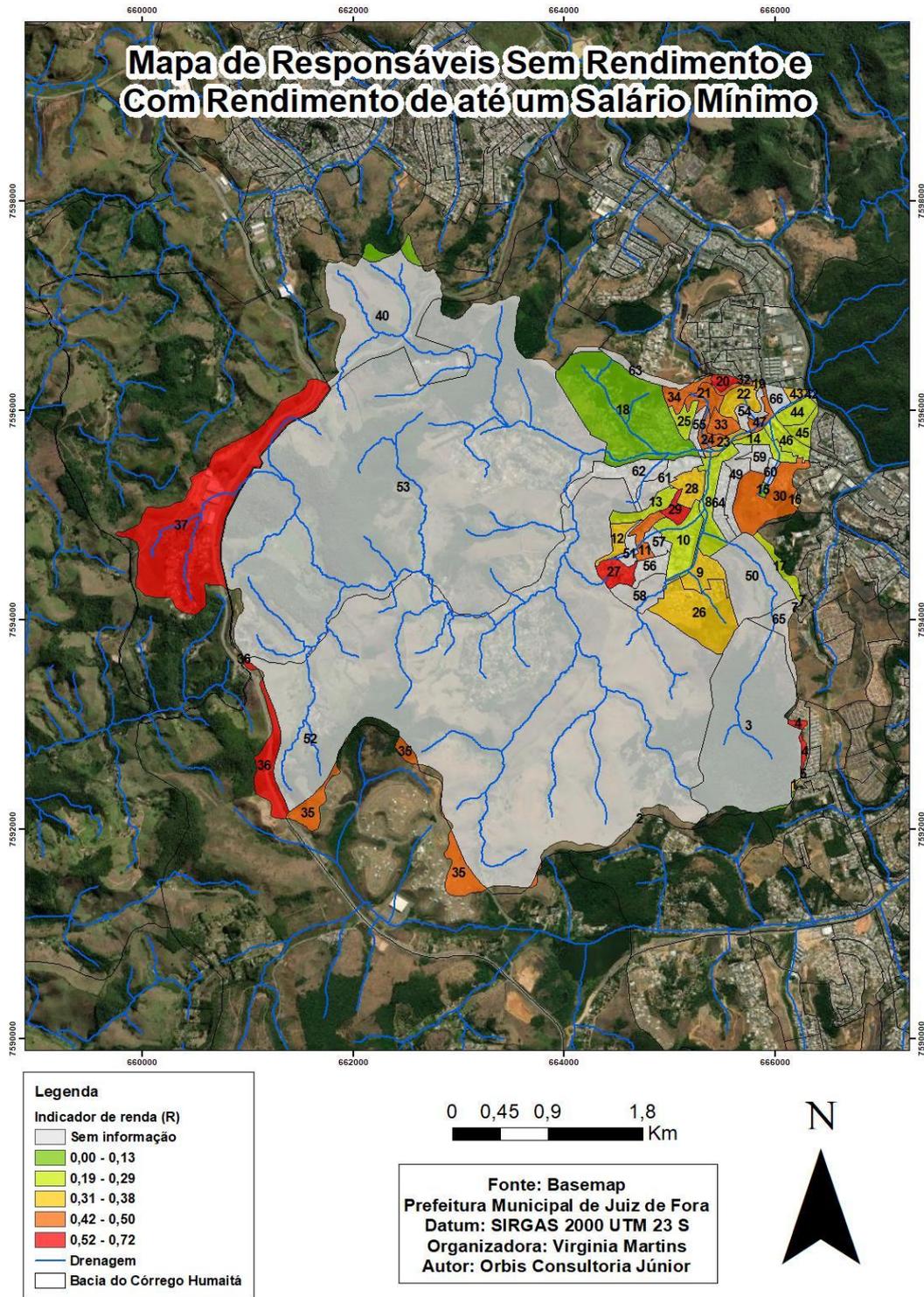
Setor	Nm	Mn	Dd	TD	E	R	IV	Vulb.
1	0,55	0,36	0,26	0,74	0,51	0,41	2,94	0,65
2	0,34	0,36	0,01	0,82	0,11	0,03	1,67	0,15
3	0	1	0	0	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx	xxxxxxx
4	0,31	0,71	0,17	1	0,37	0,99	3,84	1
5	0,29	0,29	0,32	0,67	0,25	0,29	2,19	0,36
6	0,4	0,5	0,08	0,84	0,36	0,54	2,87	0,62
7	0,12	0,57	0,21	0,9	0,52	1	3,61	0,91
8	1	0,29	0,23	0,68	0,16	0,2	2,62	0,53
9	0,47	0,43	0,18	0,73	0,33	0,34	2,57	0,51
10	0,27	0,43	0,06	0,66	0,16	0,25	1,89	0,24
11	0,45	0,36	0,29	0,71	0,21	0,51	2,67	0,54
12	0,52	0,36	0,37	0,61	0,24	0,32	2,51	0,48
13	0,36	0,64	0,19	0,82	0,29	0,28	2,66	0,54
14	0,29	0,36	0,18	0,78	0,14	0,24	2,05	0,3
15	0,23	0	1	0,47	0,07	0	1,78	0,2
16	0,47	0,14	0,09	0,63	0,08	0,36	1,89	0,24

58	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
59	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
60	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
61	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
62	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
63	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
64	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
65	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
66	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Os setores censitários (IBGE, 2010) que obtiveram maiores valores de vulnerabilidade social foram o de número 4 (atingindo 1, porém só uma parte está contida na bacia, no interflúvio), número 7 (0,91) e número 27 (0,91). E os de menores valores foram o 46 (0) e o número 2 (também possui somente uma parte inserida na bacia, de valor 0,15).

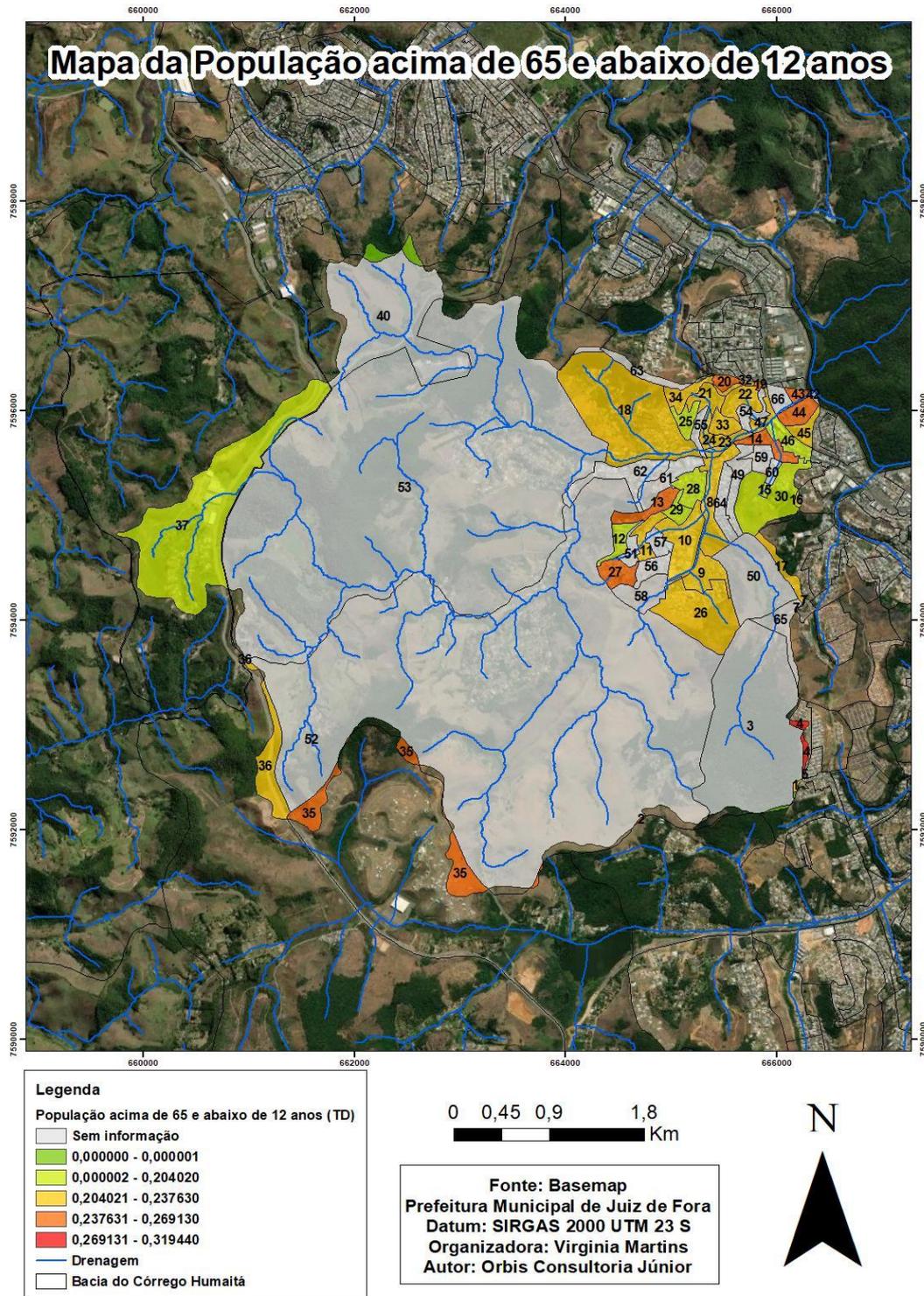
A partir da interpretação dos dados é possível perceber que os indicadores que mais contribuíram para vulnerabilidade social da bacia são idade - onde todos os setores censitários obtiveram valores acima de 0,5 (Figura 56) - e renda (R) - onde 17 setores com informações do censo demográfico (IBGE, 2010) apresentaram valores acima de 0,5 para esse indicador (Figura 55).

Figura 55 - Mapa de responsáveis sem rendimento e com rendimento de até um salário mínimo.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Figura 56 - Mapa da população acima de 65 anos e abaixo de 12 anos.

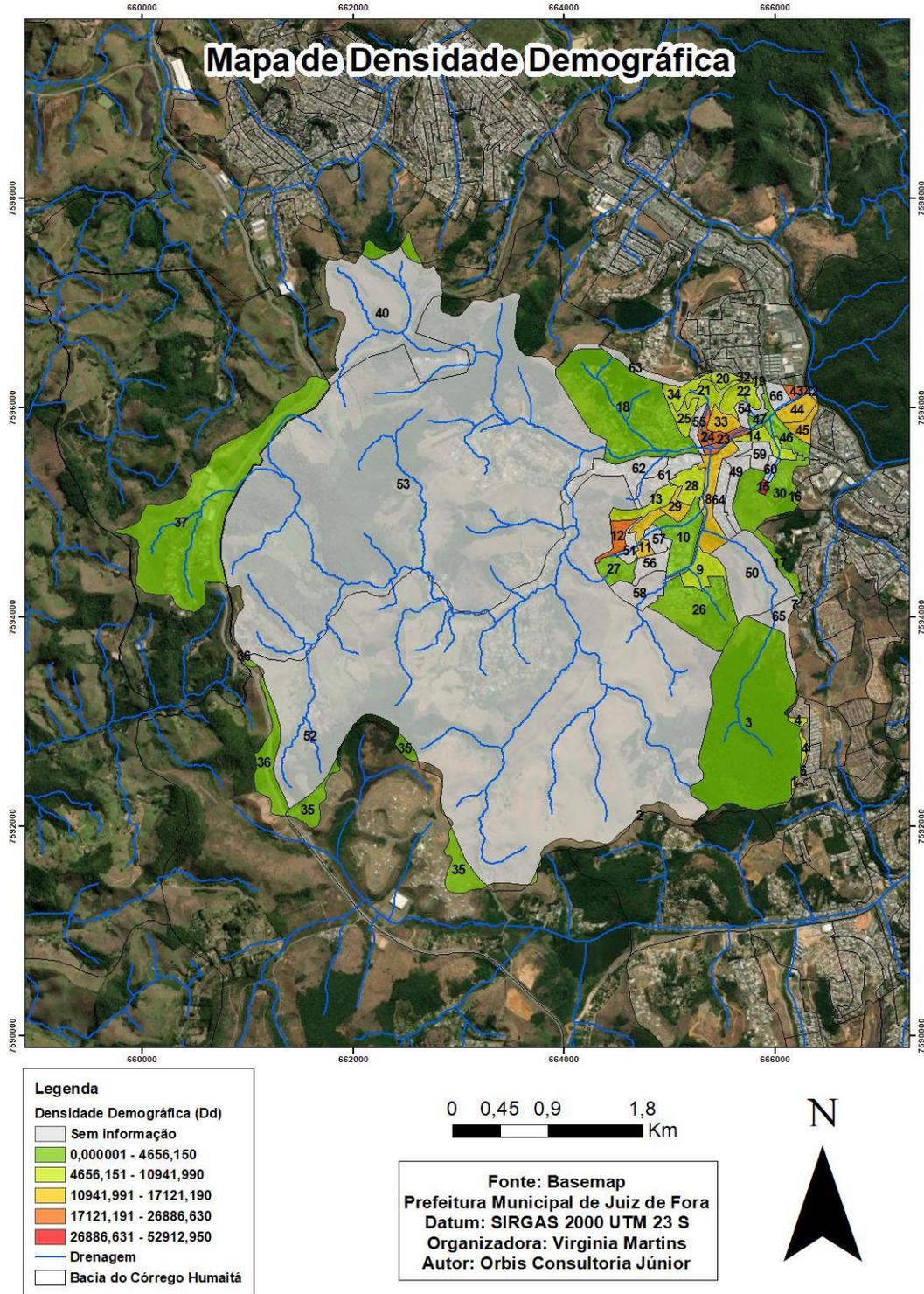


Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Por outro lado, os indicadores que menos contribuíram para explicar as vulnerabilidades na bacia foram densidade demográfica (Dd) e Educação (E), como observa-

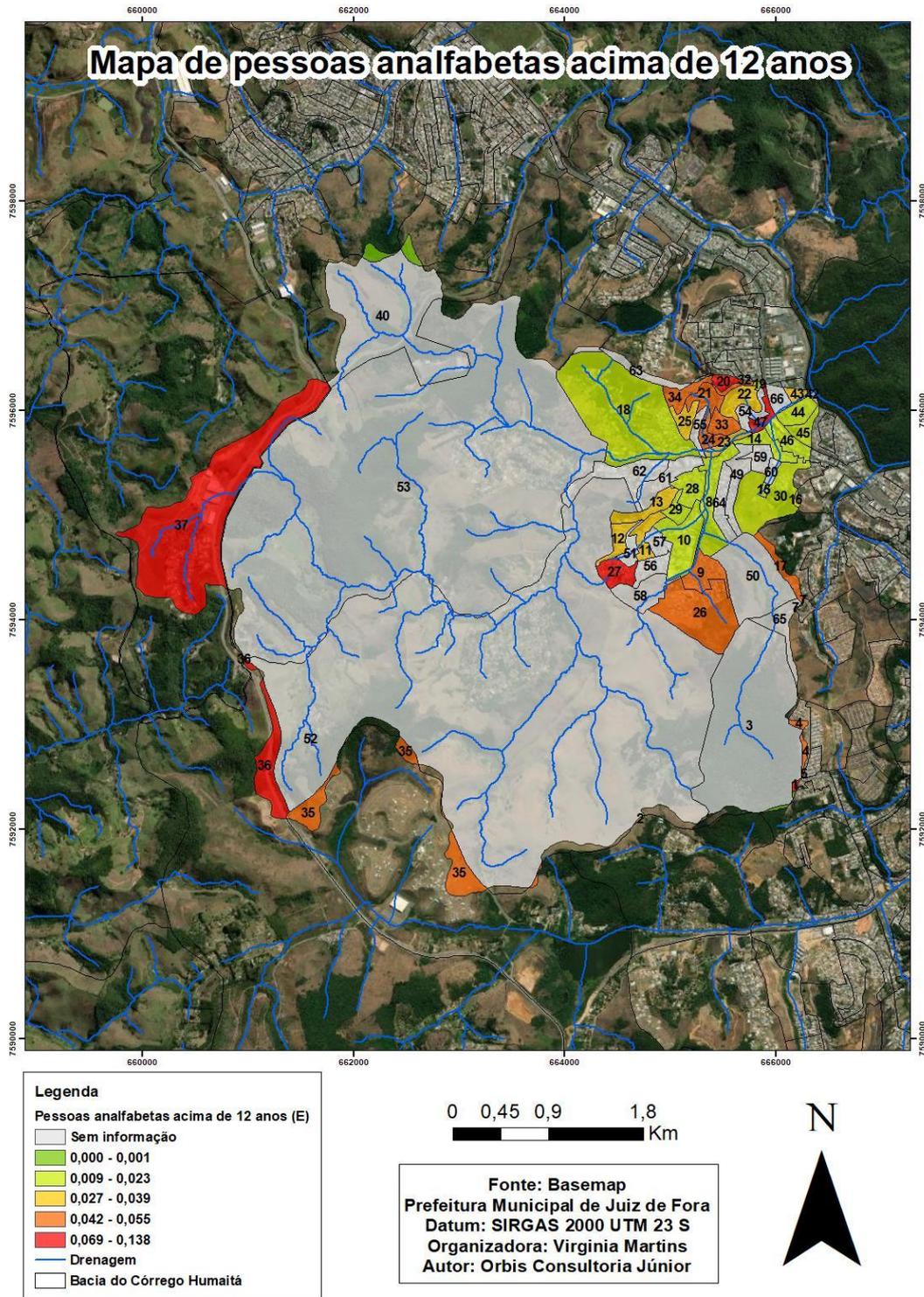
se nas figuras 57 e 58. Nota-se que somente o setor 48 não possui pessoas analfabetas acima de 12 anos e detém a maioria dos indicadores com valores bem baixos, refletindo na conservação do indicador idade como um dos mais altos da bacia (0,95). Quanto à densidade demográfica, percebe-se que os maiores valores presentes na bacia são justamente de setores bem pequenos e no baixo curso, onde há uma maior ocupação urbana.

Figura 57 - Mapa de densidade demográfica.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

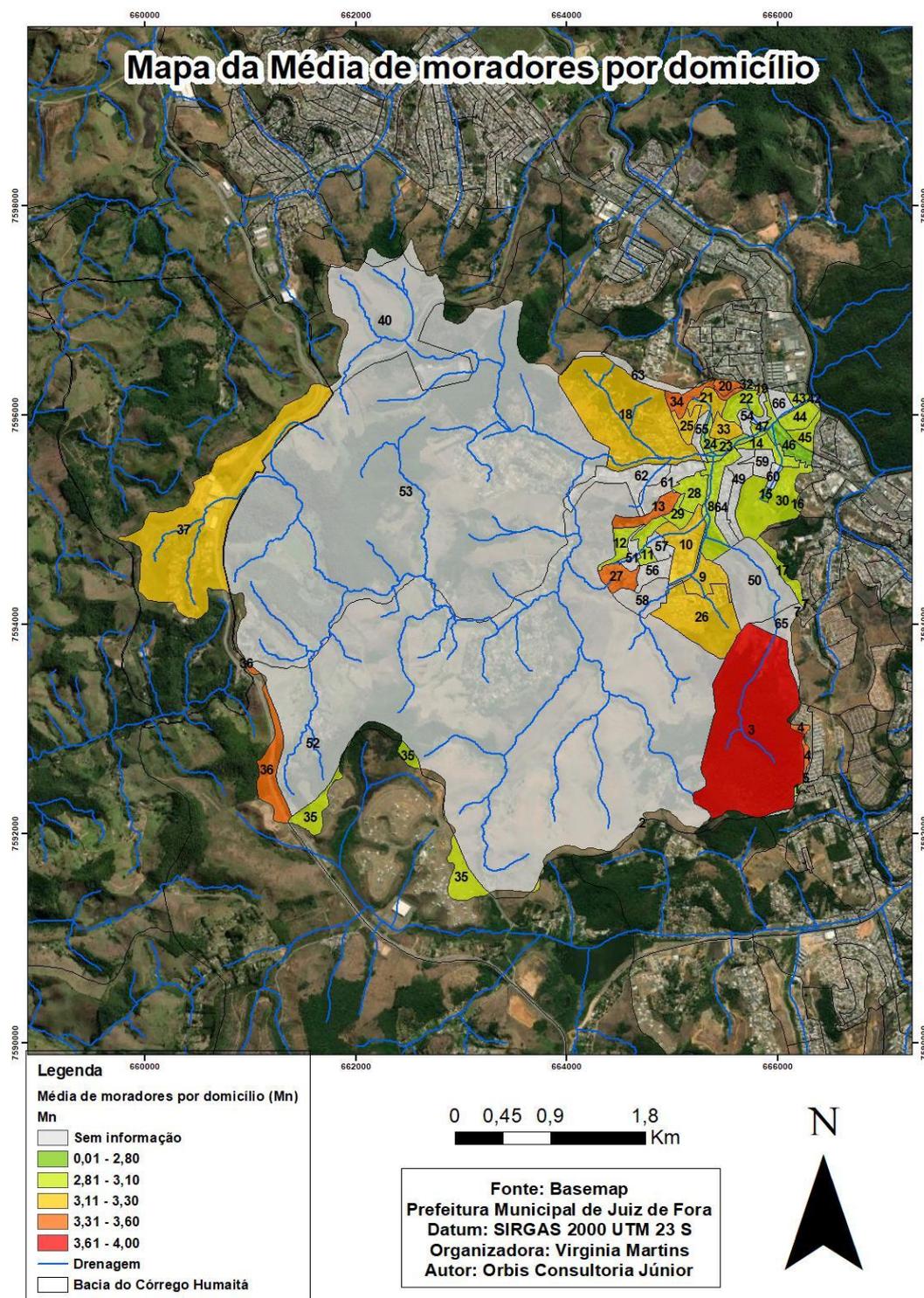
Figura 58 - Mapa de pessoas analfabetas acima de 12 anos.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se ainda que o indicador de média de moradores por domicílio possui um resultado que influencia consideravelmente, também, no resultado da vulnerabilidade social, como mostra a figura 59.

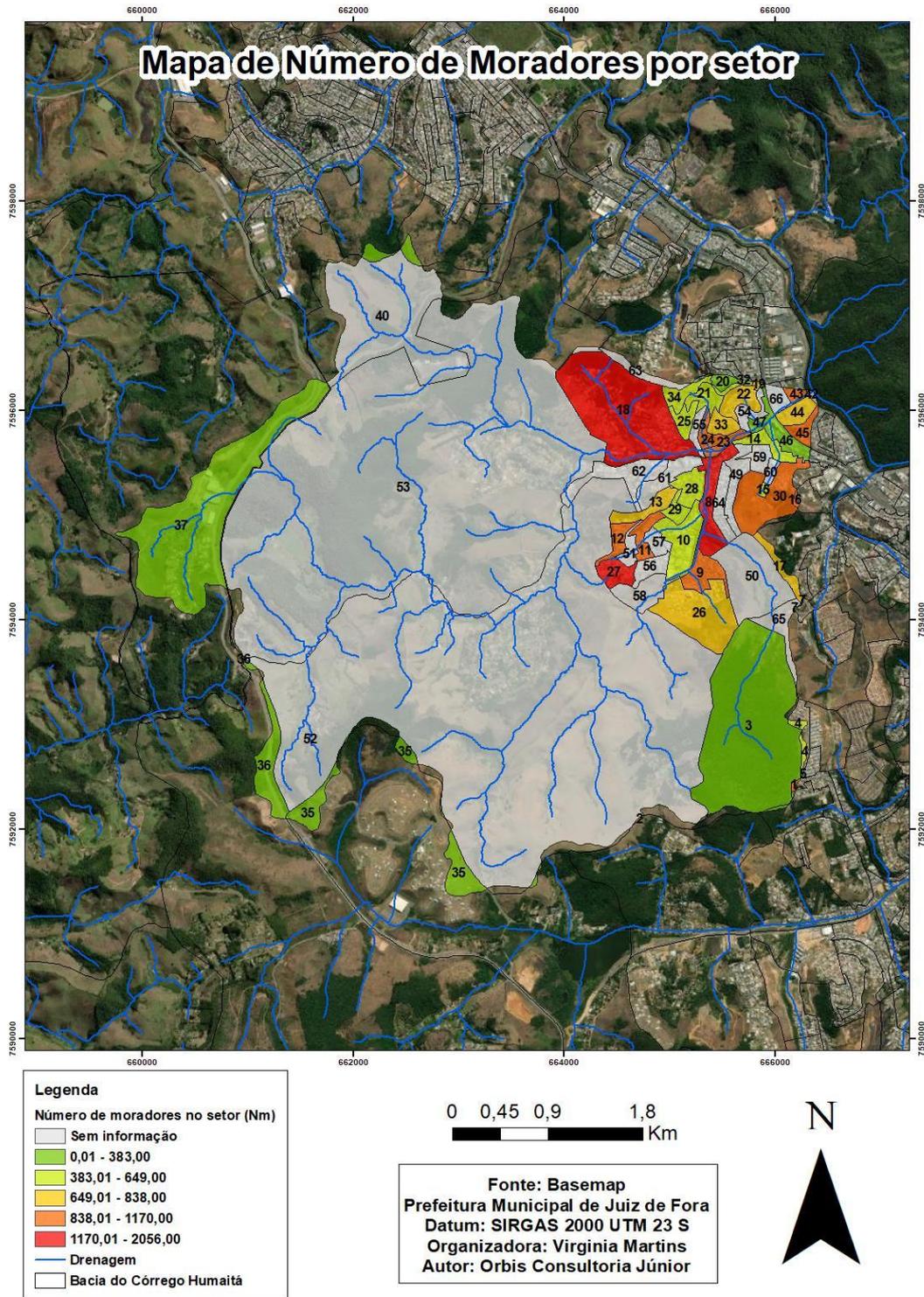
Figura 59 - Mapa da média de moradores por domicílio.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Por fim, outro indicador que influencia fortemente na vulnerabilidade social de alguns setores é o número de moradores no setor (Mn), principalmente no baixo curso, observado na figura 60.

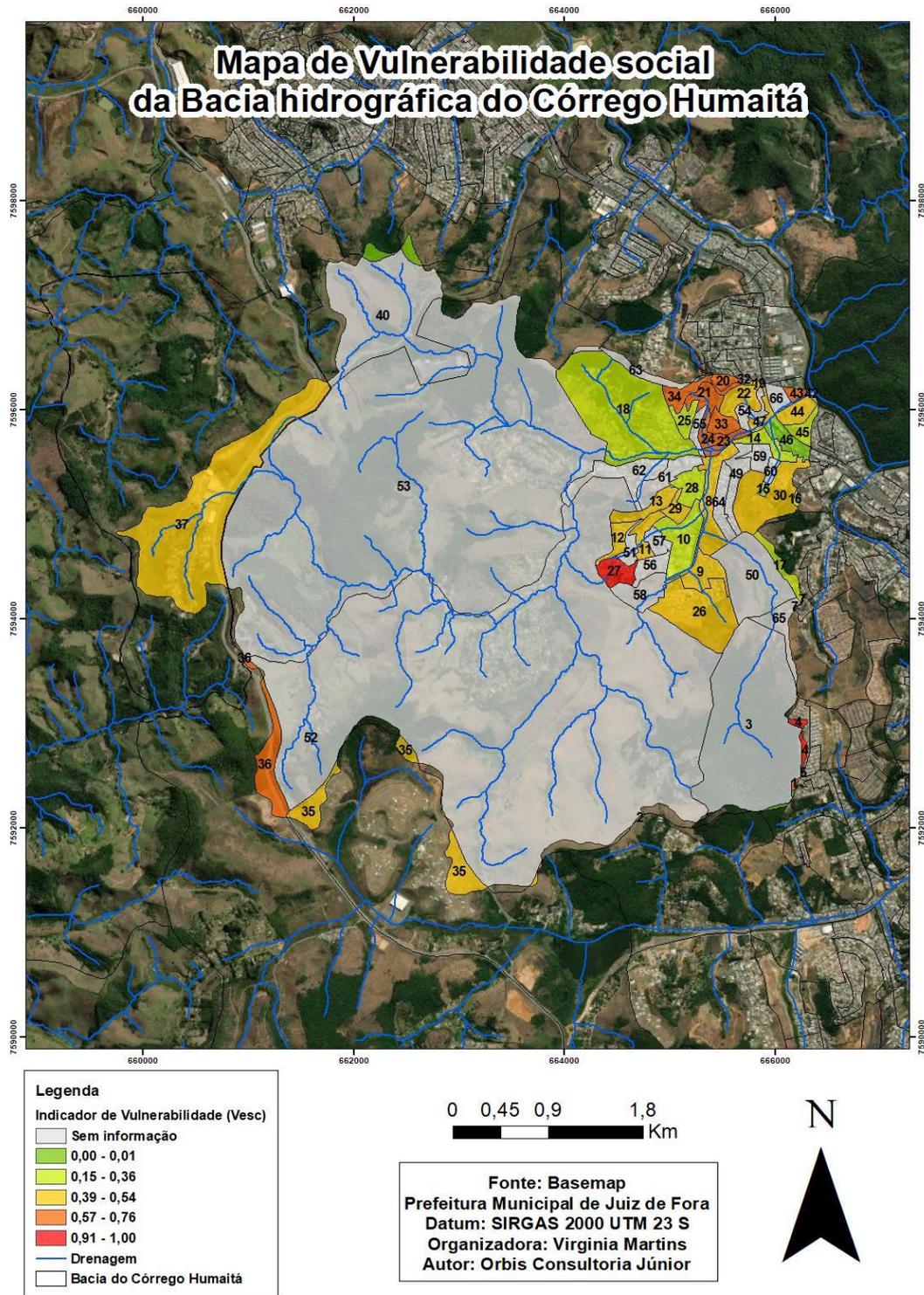
Figura 60 - Mapa do Número de Moradores no setor.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Após as análises acima descritas, obteve-se o resultado da vulnerabilidade social da bacia do córrego Humaitá, configurando-se, como observado na figura 61, uma grande heterogeneidade de resultados.

Figura 61 - Mapa de vulnerabilidade social da bacia hidrográfica do Córrego Humaitá.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Observa-se no mapa (figura 61) que os setores com valores maiores de vulnerabilidade social estão na margem esquerda do córrego Humaitá, a exemplo dos setores 20 (0,76), 24 (0,64), 33 (0,61) e outros. Essa região abrange, principalmente, o bairro de Jardim Natal.

Com base no mapeamento de setores censitários a partir dos dados fornecidos pelo IBGE (2010), é possível afirmar que a ausência de informações de alguns setores influencia os resultados do presente trabalho, mas, principalmente, pode ser considerada um entrave para o entendimento da área em sua totalidade, contribuindo para um planejamento urbano menos eficaz na região. No setor 52 localiza-se, inclusive, o condomínio Fazendinha Pedra Bonita, visitado em campo (Figura 62).

Figura 62 - A- Construções e área do condomínio Fazendinha Pedra Bonita. B- Parte do rio, do condomínio e casas ao redor.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Há também muitos setores sem informações no baixo curso, justamente a área mais densamente ocupada e vizinha de setores bastante vulneráveis, como é o exemplo dos setores 58 e 56 (Figura 61) que estão ao lado do setor 27 (alto valor na vulnerabilidade social).

Importante observar também a situação do setor 3. Neste setor há somente os dados base disponíveis, estando os demais dados preenchidos apenas com X, por conter menos que cinco domicílios permanentes, segundo o IBGE (2010). Esse caso traz à luz a problemática do modelo aqui aplicado para o índice de vulnerabilidade social de Goerl, Kobiyama e Pellerin (2011): por ser um modelo rígido e sintético, se um dado não existe, pouco se pode dizer sobre o setor. Desta maneira, fica claro que na ausência de dados se faz necessário levar em consideração outros setores ou, ainda, observar em campos outros indicadores.

5.3.1 O caso do setor censitário 27

O setor 27 possui um dos resultados mais altos de vulnerabilidade social (0,91). A partir da interpretação dos dados e das leituras, identificou-se que essa área é um hiperperiférico, isto é, uma área periférica dentro de outra área também periférica. Como afirmam Acselrad, Mello e Bezerra (2009), é na hiperperiferia que fica evidente as superposições espaciais dos riscos ambientais e as más condições socioeconômicas. Vários riscos com várias formas de desigualdades sociais e residenciais estão presentes nesse local. Por isso, é exatamente nesses espaços que se evidencia de modo mais claro a injustiça ambiental.

Localizado no bairro de Milho Verde, bairro periférico de Juiz de Fora - constituído por diversos setores com vulnerabilidade intermediária como os setores 11 (0,54), 12 (0,48) e 13 (0,54) - o setor 27 abrange grande parte de uma ocupação irregular ocorrida em 1998 (Figura 63) e concedido aos moradores por Concessão Real do Direito ao Uso¹¹ (1º parágrafo do artigo 183 da Constituição Federal), levando ao um processo de regularização que correu até o ano de 2003 (NEVES, 2008).

¹¹ O imóvel concedido é outorgado a título gratuito e de tempo indeterminado e destinado exclusivamente para fins de moradia para concessionário e seus familiares, sendo vetada a transferência do imóvel por oito anos (NEVES, 2008).

Figura 63 - Área a ser ocupada por habitantes do setor censitário 27.



Fonte: Neves (2008).

Segundo NEVES (2008), a área citada anteriormente, desde sua ocupação até sua regularização, não possuía infraestrutura urbana suficiente: ruas não pavimentadas, quase 50% das moradias com sistema de esgoto sanitário por fossa, mais de 50% sem água tratada da rede pública e quase 30% sem energia elétrica. Somente anos mais tarde que a Prefeitura Municipal de Juiz de Fora (2012), lançou um programa para levar a essa área infraestruturas urbanas como mostra a notícia no próprio site da PJH (Figura 64).

Figura 64 - Notícia de implementação de infraestrutura urbana na área correspondida ao setor 27.



Mais de 1.200 pessoas estão sendo beneficiadas com um conjunto de ações que está mudando o cenário do Bairro Milho Branco, na Zona Norte. A área da antiga invasão vem sendo completamente urbanizada, com várias frentes de obras trabalhando para levar água tratada às residências, redes de esgoto e de captação pluvial, além da completa urbanização das ruas e travessas, com asfaltamento, calçadas, meio-fios e iluminação. As obras são fruto do Programa Agenda Família, iniciativa da Prefeitura de Juiz de Fora (PJF) para atender 11 áreas de especial interesse social. No Milho Branco, há mais de dez anos os moradores da região não tinham saneamento básico e, nas ruas de terra, o esgoto corria a céu aberto.

A primeira etapa das obras consistiu na instalação da tubulação para as redes de esgoto e de água. Foram instalados mais de 3.100 metros de redes e outros 1.330 metros de tubulações de esgoto, que totalizaram um investimento de R\$ 1,5 milhão somente para estas obras. Na sequência, foram instalados o manilhamento para a captação pluvial, obra que está sendo finalizada. No momento, as equipes a serviço da PJF trabalham na construção de meios fios, calçadas, complementação e asfaltamento de todas as ruas e travessas. Em recente visita de inspeção às obras no bairro, o prefeito Custódio Mattos destacou que a urbanização desta área do Milho Branco foi o compromisso assumido com os moradores viabilizado a partir de financiamento da PJF junto ao BNDES.

Somente nesta área, a PJF está investindo R\$ 3,83 milhões. Para atender este bairro e outros dez locais da cidade, a PJF financiou R\$ 28 milhões. As intervenções estão ocorrendo de acordo com o perfil de cada uma das comunidades atendidas e incluem recuperação e revitalização de áreas degradadas, tratamento de áreas de riscos, intervenções em habitação, saúde, educação, mobilidade urbana e regularização fundiária. No Milho Branco, as intervenções garantirão aos moradores cidadania, a partir do momento em que passam a ter toda infraestrutura necessária para uma vida digna.

Para um dos moradores da área, o aposentado Sebastião Augusto, há dez anos vivendo na Rua "1", não existem palavras para definir os benefícios que estas obras estão trazendo para todos os moradores. A previsão é de que até o final de junho todos os trabalhos estejam concluídos no bairro. Além do Milho Branco, o Programa Agenda Família abrange as seguintes áreas: Dom Bosco; Jardim Cachoeira; Vila Esperança II; Barreira do Triunfo; Matinha; Favelinha da Facit; Jardim Natal; Alto Santo Antônio; Solidariedade e Vale dos Guedes.

*Informações com a Assessoria de Comunicação da Secretaria de Obras, pelo telefone 3690-7403 ramal 227.

Fonte: PJF, 2012 (acesso em 08/2022)

Neves (2008) também ressalta que devido à irregularidade na ocupação, muitas famílias construíram suas moradias em encostas.

Interpretados os dados da tabela 11 (brutos), o setor 27 é o que mais possui moradores (1604), os quais, em grande parte, vivem sem rendimento ou com até um salário mínimo no ano de 2010. A partir da observação da tabela 12 e da figura 61, o setor censitário 27 reúne todas as condições de vulnerabilidade social a partir dos indicadores demográficos.

5.3.2. Os setores à margem esquerda da bacia

A partir dos resultados obtidos no Índice de Vulnerabilidades, observou-se que a margem esquerda na jusante do córrego Humaitá possui um conjunto de setores censitários

com maiores valores de vulnerabilidade, como, por exemplo, o 20 (0,76), 21 (0,57), 24 (0,64), 33 (0,61) e o 34 (0,60).

Todos os setores censitários dessa área apresentam situação urbana que, segundo o IBGE (2010), os caracterizam como uma área urbanizada de cidade ou vila. Ressalta-se a importância dos trabalhos de campo realizados, pois neles se confirmaram as características dos bairros totalmente urbanizados, com moradias populares e com ocupações de encostas margens do córrego Humaitá. Os setores da área citada abarcam dois bairros: Industrial e, a maioria, o Jardim Natal.

O bairro Jardim Natal teve sua ocupação atrelada à necessidade de moradia por parte dos trabalhadores da usina de Creosotagem, ocorrendo, primeiramente, às margens do córrego Humaitá. Com a intensificação da urbanização do bairro, houve, também, a ocupação das encostas e ampliação de construções irregulares (SOUZA E ROMUALDO, 2009). Segundo o PDDU (PJF, 2004) a área apresenta predomínio de lotes de pequenas dimensões, habitados por residências e conjuntos habitacionais de até quatro pavimentos. Há também lotes ocupados por indústrias de pequeno e médio porte.

Na figura 65 A, correspondente à rua Dr. Augusto Eckman do bairro Jardim Natal, confirma-se tanto a condição de carência de infraestrutura com a rua apresentando muitos buracos, casas inacabadas, lixo espalhados na margem do córrego; quanto a condição de risco, com casas ocupando as margens do córrego Humaitá, muitas delas destruídas pelo rio.

Já a figura 65 B consiste em um registro da Rua Abílio Gomes, no qual se observa a construção de casas populares e galpões na parte inferior da imagem (bairro Francisco Bernardino) e diversas casas e habitações de até 4 pavimentos ocupando as encostas do bairro Jardim Natal.

Figura 65 - A- Rua Dr. Augusto Eckman – Jardim Natal.B- Imagem de parte do bairro Francisco Bernadino e Jardim Natal – Rua Abílio Gomes.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

5.3.3 Os setores no interflúvio da bacia

Vale lembrar que o recorte feito na pesquisa, em todas as etapas, foi de uma bacia hidrográfica. Como os dados demográficos do censo na escala de setores censitários não se restringem aos limites da bacia hidrográfica, os recortes realizados para a pesquisa excluem parte dos setores, ao considerar somente a área da bacia. Desta forma, algumas características vulneráveis podem se encontrar dentro de alguma bacia vizinha, o que não oferece um panorama tão real sobre a bacia aqui estudada.

Entretanto, para pensar em planejamento e organização espacial, cabe um olhar atento a alguns setores localizados no interflúvio da bacia hidrográfica do córrego Humaitá, o que

pode contribuir muito para as inundações no baixo curso. Determinados resultados do índice de vulnerabilidade constituíram valores elevados, como os setores 4 (1,0) e 36 (0,62). Outros resultados importantes a serem considerados são os dos setores 35 (0,42) e 37 (0,49) que deram valores intermediários e estão em localidades de expansão urbana e bem próximas (até cruzam) a BR-040, pertencentes a áreas de capturas fluviais e planícies em formação.

A partir da interpretação dos dados, há informações suficientes para entender e até auxiliar no debate sobre a expansão urbana dessa área. Nos setores 36 e 37 há os maiores contingentes de pessoas analfabetas acima de 12 anos de idade (1,0 e 0,63 respectivamente), o que representa uma população com predisposição e dificuldades em se organizar e questionar certos tipos de empreendimentos implementados.

Assim, mais do que avaliar os valores quantitativos da vulnerabilidade social é importante entender quais grupos sociais estão ocupando esses setores atualmente e como está ocorrendo essa expansão. Em trabalho de campo na área do setor 35 se observou a presença de intervenções humanas e a expansão de moradias (Figura 66).

Cabe salientar que os setores 35, 36 e 37 são identificados como área não urbanizada de cidade ou vila, segundo dados de sua situação (IBGE, 2010). Entretanto, em campo, no ano de 2020, foram observadas diversas características de urbanização.

Figura 66 - A- Canalização feita no canal de captura fluvial na rua Cel. Pedro Rachello B- Rua Cel. Pedro Rachello passando por cima da drenagem fluvial.



Fonte: Elaborada pela autora (2022).

6 AS INUNDAÇÕES E A VULNERABILIDADE SOCIAL DA BACIA DO CÓRREGO HUMAITÁ: EM BUSCA DE UMA SÍNTESE

Considerando-se os resultados e as interpretações exploradas até aqui, fica claro que, seguindo o que afirmam Rufat *et al* (2015), as estratégias de enfretamento e de diminuição da vulnerabilidade social são bem-sucedidas quando envolvem o acesso aos recursos que facilitam a superação das necessidades imediatas. De acordo com os autores (*op. cit.*), ainda, capital social, percepção dos riscos e dimensões psicossociais da saúde não possuem medição padronizada, pois, muitas vezes, são dependentes da situação, não podendo ser calculadas via bancos de dados disponíveis. Assim, incorporar o contexto ajudará a produzir indicadores que refletem a vulnerabilidade não apenas como estado, mas também como situação.

Indicadores quantitativos são importantes e oferecem benefícios para os esforços de reduzir a vulnerabilidade social de um grupo. Quantificá-los pode ajudar a identificar locais mais vulneráveis e quais dimensões dessa vulnerabilidade são os principais motivadores. É por isso que, ao interpretar as duas linhas de resultados produzidos nessa pesquisa, decidiu-se por não sobrepor os dois principais produtos: mapa de suscetibilidade à inundação e mapa de vulnerabilidade social da bacia hidrográfica do córrego Humaitá. Desta maneira, não há aqui uma correspondência espacial entre suscetibilidade e vulnerabilidade, pois tais conceitos se referem a recortes espaciais distintos. Enquanto a vulnerabilidade é lida pelos setores censitários, a suscetibilidade é lida pelas bacias hidrográficas. Nessa direção, as bacias que mais contribuem com a ocorrência de inundações não são, necessariamente, as que sofrem com esses fenômenos, haja vista o processo cumulativo que ocorre na rede de drenagem e que faz com que as zonas inundáveis estejam à jusante dessas áreas de contribuição (normalmente, no baixo curso dos rios).

Portanto, a metodologia empregada preconiza a interpretação cruzada de tais dados sem, necessariamente, a sobreposição espacial dos mesmos. Nesse sentido, percebe-se que há sim uma consonância entre a expansão urbana, as ocorrências de inundações e a vulnerabilidade social.

6.1 O CASO DOS SETORES CENSITÁRIOS 43 E 44

Os setores censitários de números 43 e 44 estão justamente na foz do córrego Humaitá, em sua confluência com o rio Paraibuna, onde historicamente ocorrem muitos

eventos de inundação e relatos de perdas. É o local que recebe o fluxo drenado por toda a bacia. Pode-se observar (Tabela 12 e Figura 45) que há uma diferença sensível na vulnerabilidade de ambos, já que o setor 43 possui um maior valor do índice (0,59) do que o setor 44 (0,39).

Essa disparidade entre os setores é constatada também em trabalho de campo, validando assim os resultados quantitativos. Após a inundação ocorrida no dia 05 de março de 2020, as moradias do setor censitário 44 (margem direita do córrego) encontravam-se bem menos atingidas. Nesse local não foi constatada nenhuma retirada de móveis danificados e observou-se que a grande maioria das casas eram construídas a um nível maior da rua e com padrões construtivos melhores (Figura 67).

Figura 67 - A- Casa na margem direita do córrego com mecanismo de proteção para inundação e materiais de construção mais resistentes na avenida Lúcio Bitencourt, bairro Industrial. B- Casa em um nível mais elevado que a rua e com materiais e mecanismos para proteção contra inundações na rua Avelino Milagres.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

No setor censitário 43 (margem esquerda do córrego) foi onde mais se observou a retirada de móveis danificados das moradias. Constatou-se também a presença de mais

peças retirando lama de suas casas e lojas, além de um padrão construtivo inferior e no nível da rua (Figura 68).

Figura 68 - A- População retirando móveis danificados e casas no nível da rua com construções mais simples na rua Mário Nogueira, bairro Industrial. B- Móveis danificados pela inundação.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

A partir da validação de campo, confirma-se que a população mais vulnerável socialmente sofre mais danos em episódios de inundação. Os indicadores que mais fizeram diferença foram o de educação (sendo 0,2 no setor 43 e 0,11 no setor 44), renda (sendo 0,36 no setor 43 e 0,26 no setor 44) e o de densidade demográfica (sendo 0,5 no setor 43 e 0,24 no setor 44).

6.2 O CASO DO SETOR CENSITÁRIO 18

O setor 18 apresentou o índice de vulnerabilidade de 0,36. Todo esse setor representa um condomínio fechado de residências unifamiliares chamado Condomínio Vivenda das Fontes e sua situação no censo, devido à anacronia, está como área não urbanizada de cidade ou vila (IBGE, 2010). Conforme já relatado no trabalho de campo, a entrada do condomínio passa frequentemente por episódios de inundação, porém os próprios moradores realizaram

melhorias no local reconstruindo a estrada de acesso (Figura 69 B) e implantando uma canalização mais alta e mais larga que ameniza os impactos das inundações.

Observa-se também nesse ponto que a canalização é melhor estruturada (Figura 69 A) e há conservação das margens com matas ciliares presentes em algumas partes. Nesse caso, apesar da desatualização dos dados do Censo, fica evidente a resiliência da população de maior poder aquisitivo em remediar e se prevenir dos danos das inundações, à revelia da inércia do poder público.

Figura 69 - A- Parte da canalização e não se vê lixo e matos tomando a drenagem. B- Parte da estrada reconstruída pelos próprios moradores.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Apesar do número de moradores no setor (0,85) ser alta (Figura 60), essa condição não afetou sua vulnerabilidade social, pois há uma baixa densidade demográfica (0,04). Desta forma, interpretamos que os habitantes desse setor possuem uma maior condição de enfrentar e se recuperar de uma ocorrência de inundação.

6.3 CONFLUÊNCIA DE CANAIS, CONFLUÊNCIA DE SETORES

O setor censitário de número 23 está localizado na confluência de três drenagens: do rio principal, da sub-bacia 34 (a segunda com mais tendência a acumular água, como mostra a figura 45) e um canal de primeira ordem que está completamente impermeabilizado. Por conseguinte, é uma área com frequente ocorrência de inundação.

Além disso, essa área de confluência é também a transição de dois setores: 23 e 24. São setores com índices de vulnerabilidade bem próximos (0,57 e 0,64, respectivamente) e possuem o padrão construtivo bem parecido. Quando ocorre a inundação, as casas dessa área -

que em sua maioria são construídas no leito maior do rio (Figura 70 D) e pertencem ao setor 23 - sofrem com a entrada da água. É possível observar também que as casas não possuem rede de coleta de esgoto eficiente e há dificuldade de evacuação da área, já que as vias de trânsito passam exatamente por cima da calha do rio, que invade a avenida e as ruas ao transbordar (Figura 70 B). Cabe ainda salientar que a ponte (Figura 70 A), que atravessa o rio principal nesse ponto, marca o começo da entrada para o setor 24 (Jardim Natal) e por isso, também dificulta a mobilidade dos moradores quando há episódios de inundação.

Figura 70 - A- Ponte que interliga o setor 23 ao 24 (Rua Geraldo Scaldine Machado). B- Via que liga diversos bairros a Av. Brasil (Rua Abílio Gomes). C- Canal a montante e casa com marcas de água. D- Casas ocupando o leito do rio despejando efluentes domésticos diretamente no canal; observa-se diversas marcas de umidade.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Nota-se também nesse ponto casas com parte do muro revestido de concreto, na tentativa de amenizar os efeitos gerados pelas cheias do rio (Figura 70 D). Entretanto, vê-se

claramente que a umidade e até marcas antigas de inundações estão presentes em todas as casas (Figura 70 C e D).

A partir dos resultados obtidos no trabalho confirmou-se que a área citada é suscetível a sofrer com episódios de inundações, já que recebe o fluxo de várias sub-bacias, e possui valores maiores e intermediários de vulnerabilidade social. Em campo, observou-se características construtivas de baixo padrão, sem um saneamento sanitário adequado, o que, claramente, contribui para intensificar os danos que os moradores sofrem com as cheias do rio.

6.4 UM LOCAL PARA SE ATENTAR, O BAIRRO AMAZÔNIA

Como já dissertado acima, há diversos setores censitários (IBGE, 2010) que não possuem dados demográficos, como o caso do número 58. Subentende-se que é uma área muito importante para um justo planejamento urbano, pois, além de estar entre setores de valores altos e intermediários de vulnerabilidade social, também está em uma área onde o rio forma um cotovelo, ou seja, uma área que, naturalmente, é suscetível a acumulação de água e formação de planície (Figura 71).

Figura 71 - Imagem demonstrativa da interligação de diversos setores censitários.



Fonte: Google, 2022

Na ida ao campo, foi possível perceber que os setores 26 (0,45) e 9 (0,51), limítrofes com o setor 58, compõem o bairro Amazônia, que está em crescimento, expandindo para além da Rua Dr. Milton Ladeira (Figura 71). Esta rua interliga diversos bairros (Encosta do Sol, Francisco Bernadinho, Milho Branco e o próprio Amazônia) e possui muitos galpões industriais, estando contida no setor censitário de número 10, um dos setores de menor índice de vulnerabilidade social da área (0,24).

A figura 72 A retrata a localidade entre os setores 26 e 58 e que já possui construções se expandindo para a direção do cotovelo que o rio faz. Já A figura 72 B representa a expansão em andamento, além de muitas moradias já consolidadas, nos setores 56 e 26.

Figura 72 - A- Final da rua Francisco Vital de Oliveira. B- Vista para o bairro de Milho Branco.



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Considerando-se as análises acima, faz-se necessário uma maior atenção do poder público para essa área, pois a partir da interpretação dos dados e dos trabalhos de campos realizados, torna-se possível a afirmativa de que é uma área vulnerável e também de expansão urbana, com carência de saneamento básico, isto é, uma região que apresenta as consequências da existência de uma lacuna no tempo entre o planejamento urbano e a

ocupação. Além disso, os trabalhos de campo realizados foram esclarecedores para identificar como a desatualização dos dados do censo faz a diferença na compreensão espacial e social da área.

6.5 O INTERFLÚVIO E O ALPHAVILLE

A sub-bacia de terceira ordem de número 33 (Figura 45), como já exposto, é a que menos possui tendência para acumulação de água; no entanto, ela contribui para o fluxo no baixo curso. É uma área que também está em constante expansão urbana, principalmente de condomínios fechados e abrangendo parte do crescimento da zona oeste da cidade.

Ao interpretar o mapeamento de vulnerabilidade social (Figura 61), contata-se que toda essa sub-bacia está no interior do setor censitário de número 52, um dos setores cujos dados não são contemplados pelas planilhas do censo (IBGE, 2010). Desta forma, é mais um caso em que não há informações demográficas para uma área de suma importância tanto para o entendimento das inundações na bacia do córrego Humaitá, quanto para a condução da expansão urbana.

Interpretando o setor censitário 35, que faz limite com o 52, confirma-se que há uma relevância nos dados dessa área. Sendo o índice de valor intermediário (0,42), a vulnerabilidade social desse setor acende dois alertas. O primeiro, suscita o seguinte questionamento: como está ocorrendo a ocupação dessa população mais vulnerável? E o segundo, provoca outro questionamento: como a construção de um dos condomínios de maior padrão da cidade (Alphaville) irá interferir nessa vulnerabilidade?

O condomínio Alphaville (Figura 73) está localizado exatamente no interflúvio da bacia do córrego Humaitá com a bacia do córrego São Pedro. Tendo como ponto de partida os estudos conduzidos neste trabalho, observa-se interferência da construção deste condomínio nos processos fluviais presentes na área.

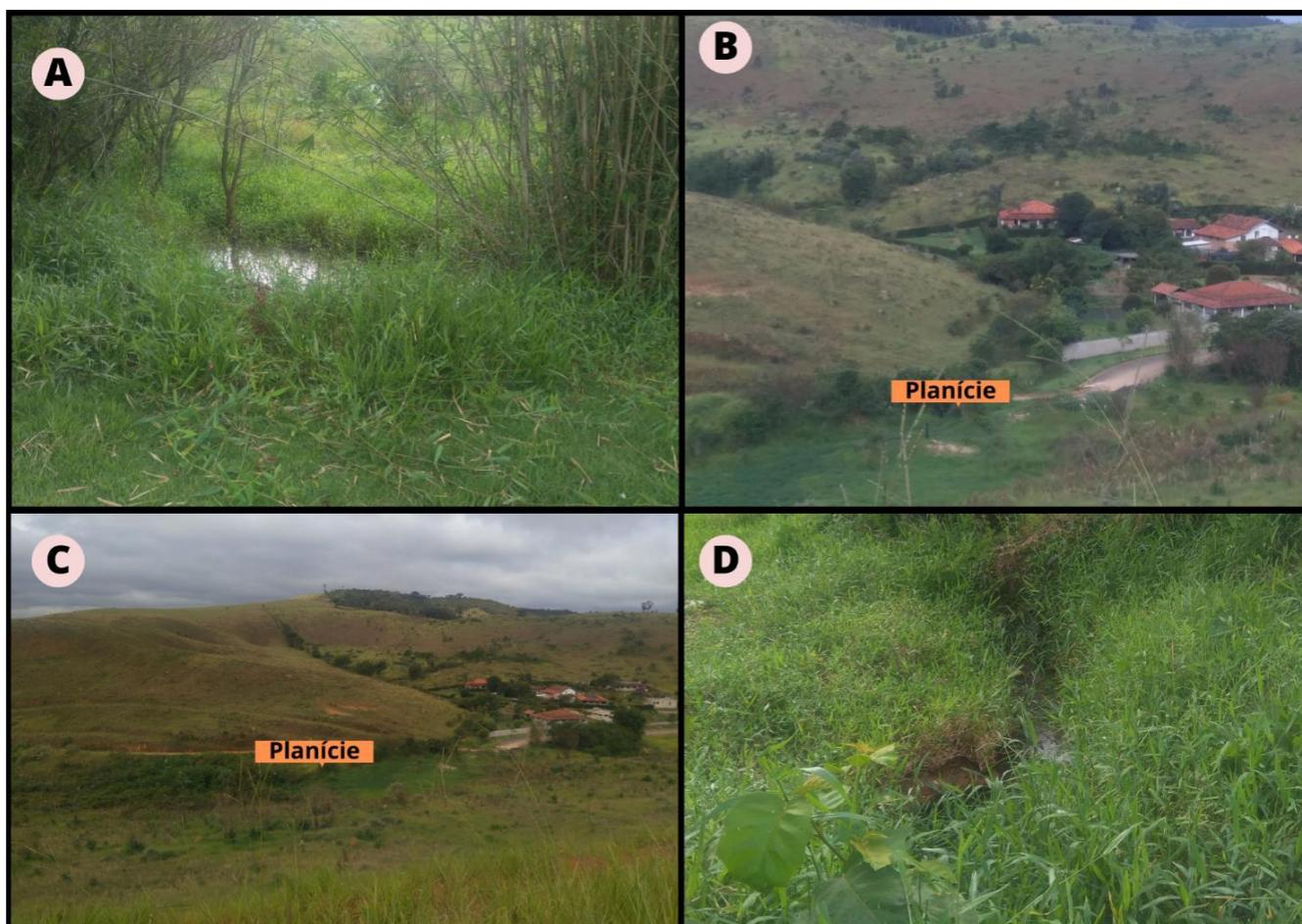
Figura 73 - A- Vista do condomínio Alphaville pela rua Cel. Pedro Rachello B- Cortes feitos para acesso ao condomínio vistos da rua Cel. Pedro Rachello.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Abaixo do condomínio Alphaville (Figura 74 D) há uma pequena planície em formação (Figura 74 B e C) e também, conseqüentemente, uma área úmida (brejo) como mostra a figura 74 A. O que se entende é que os cortes no relevo, feitos para as construções das casas de alto padrão e para a construção das vias de acessos do Alphaville, produziram sedimentos que vêm sendo carregados para parte mais baixa (justamente onde se encontra a planície) como mostra a Figura 73. Além disso, percebe-se a possibilidade de assoreamento dos canais presentes nessa localidade.

Figura 74 - A- Área úmida vista na rua Cel. Pedro Rachello B- Vista da planície e ocupações presentes na área vista pela av. Prosperidade C- Planície formada a partir da captura fluvial D- Canal da captura fluvial visto na rua Cel. Pedro Rachello.



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Dessa maneira, é de muita relevância um olhar atento para a expansão urbana nessa área. Primeiramente, devido às modificações que o condomínio causa em toda dinâmica hídrica da área, podendo até agravar as inundações no local. Por fim, delinea-se a necessidade de um esforço maior por parte do poder público em compreender quem são as pessoas que habitam o setor 35 com vulnerabilidade social intermediária e como essa expansão de condomínios fechados de alto padrão afeta esses moradores.

6.6 UMA REFLEXÃO

As áreas urbanas têm demandado cada vez mais de cientistas e gestores urbanos, principalmente em formação de estudos de riscos e vulnerabilidade social. Principalmente nos países menos desenvolvidos, que possuem uma exacerbação dos riscos e das vulnerabilidades

sociais urbanas. Há predomínio dos interesses econômicos e políticos na construção do urbano caracterizando a história da cidade e é por isso que não há uma urbanização espontânea. Percebe-se que, as intensificações de problemas socioambientais hoje, são causadas por grandes falhas vindas de um processo de urbanização parcial e excludente (MEDONÇA, 2010)

No processo de construção da pesquisa constatou-se a ausência do poder público em diferentes bairros, não somente na fiscalização, mas, principalmente, na oferta de infraestruturas básicas e de qualidade vida. Entretanto, também observou-se o Estado agindo nas delimitações das áreas de empreendimentos como galpões e mercados, presentes na limpeza, no saneamento básico e na vigilância em bairros de vulnerabilidade com menores valores como nos bairros Encosta do Sol e Fontesville.

Para a interpretação de todos os dados, buscou-se entender quais indicadores apareciam em maior quantidade nas literaturas sobre inundações e, em sua maioria, ressaltavam os demográficos (idade, gênero e raça) e os socioeconômicos (renda, desemprego, educação, entre outros). No entanto, sentiu-se a necessidade de ir além e se aprofundar sobre a qualidade ambiental e construtiva vista em trabalho de campo, para agregar na interpretação dos resultados. Isso porque, segundo Teles e Cunha (2016), o crescimento e expansão urbana não só aumenta a suscetibilidade de inundação, mas também modifica a exposição aos riscos e a vulnerabilidade social das comunidades.

Rufat *et al* (2015), ainda evidenciam a importância da história e da informação para que a população entenda sua condição de vulnerabilidade, pois episódios de inundações menos severas fazem com que a população subestime as inundações mais severas, cuja ocorrência seria de conhecimento se houvesse uma divulgação de informações de maneira eficaz, por isso a importância do processo histórico. E ainda reafirmam que as redes sociais de cada comunidade são as fontes de informações tanto para avisos quanto para evacuação.

Topssel *et al* (2002) afirmam que após um evento de inundação há mudanças de comportamento, tanto negativos quanto positivos, como reformas e adaptações nas moradias - uma tentativa de proteção contra uma futura ameaça -, mudança nas relações familiares, recuperação a partir das perdas materiais e imateriais (posses sentimentais, sentimento de impotência, perda familiares, etc) fatos que tornaram-se evidentes no trabalho de campo e na pesquisa das mídias jornalísticas e sociais. Foram observadas alterações nas casas executadas

com objetivo de proteger, minimamente, da inundação recorrente; e depoimentos em jornais onlines e redes sociais com indignações e pedido de auxílio em toda a recuperação.

Com base na discussão tecida aqui, é evidente que se faz necessário grandes intervenções urbanas e sociais nas áreas que compreende a bacia hidrográfica do córrego Humaitá, não somente para evitar a recorrência das inundações, mas para mudar a condição de vulnerabilidade social da população.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos sobre riscos naturais são muito debatidos internacionalmente em termos conceituais e na problematização dos componentes que configuram o próprio risco. É aceito que os riscos se dão a partir da relação entre suscetibilidade e vulnerabilidade, onde perante a manifestação de um evento perigoso a sociedade responde e se recupera de maneiras diferentes. A partir dessa visão muda-se a concepção das relações sociedade-natureza, da estabilidade para instabilidades e das incertezas quanto a repercussões dos processos naturais e sociais do espaço geográfico (TELLES E CUNHA, 2016; MEDONÇA, 2010).

A partir da construção da pesquisa, das interpretações dos dados e das observações dos trabalhos de campo entendeu-se que a expansão urbana não só aumenta a suscetibilidade à inundação a partir das intervenções sobre o sistema natural (como retificações, estrangulamento, impermeabilização, entre outros), mas também modifica a exposição aos riscos e, assim, reproduz a vulnerabilidade social.

Compreende-se, assim, que as populações mais vulneráveis não estão em risco somente por se encontrarem expostas aos perigos, mas porque são resultado de uma marginalização impostas pelos agentes do capital. Isto significa que as vulnerabilidades estão nos processos que os concedem as características mais vulneráveis (NASCIMENTO JR E SANT'ANNA NETO, 2016).

Conforme esperado, devido às diferenças conceituais, os resultados não apresentaram consonância das localidades de maior suscetibilidade com as de maior vulnerabilidade. Isso reforça a necessidade de estudos como o realizado para planejar as novas ocupações e impedir novos licenciamentos nas áreas mais inundáveis. Além disso, o trabalho corrobora com a construção de uma gestão de risco integralizada em que busque a amplificar a voz das populações mais vulneráveis e que as envolvam nos processos de decisões, pois, a vulnerabilidade só será reduzida a partir de melhorias no processo de tomada de decisão sobre o uso e alocação dos recursos.

Fazer e entender a gestão socioambiental urbana em países não desenvolvidos é um desafio. A cidade e sua rede urbana são marcadas por problemas que intensificam os riscos e as vulnerabilidades (MEDONÇA, 2010). Além disso, vive-se um momento delicado no país com grandes cortes financeiros na saúde e na educação, afetando assim as pesquisas, incluindo o censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Atrasado por causa da pandemia do novo coronavírus deflagrada no ano de 2020, o censo está sendo executado somente no ano de 2022 e as incertezas de como será guiado permanecem muito grandes, pois há um corte de orçamento para essa finalidade feito pelo governo atual. Cabe salientar que é a partir desses dados que se consegue observar e acompanhar as medidas feitas por parte do Estado para a superação das vulnerabilidades dos diversos grupos sociais. A vulnerabilidade social é uma condição social momentânea e por isso é de suma importância a execução de pesquisas e levantamentos de dados (como o censo) para o diagnóstico e assistência a esses grupos.

Por isso, o presente trabalho se utilizou dos dados do censo demográfico de 2010, sendo observado ao longo da pesquisa defasagens significativas para o entendimento da vulnerabilidade presente na bacia do córrego Humaitá. E principalmente, o atraso na execução do censo 2020, não permitiu uma análise e uma verificação do progresso das condições de vulnerabilidade que se encontram a população residente na bacia estudada.

Desta forma, espera-se que, com os dados do censo 2022, possa-se validar ou não os resultados encontrados na pesquisa e progredir no entendimento das relações da ocorrência de inundações e a condição de vulnerabilidade social atual na bacia hidrográfica do córrego Humaitá.

Outro desafio encontrado é que em um processo de pesquisa de mestrado é impraticável abarcar muitas etapas metodologias e conceituais. Por isso, há uma carência no envolvimento do sujeito para o entendimento de sua própria vulnerabilidade social, entretanto tentou-se ir além do método quantitativo e inserir indicadores ambientais, de localização e infraestrutura a partir dos trabalhos de campo.

Elucidou também no trabalho, que a degradação ambiental não afeta todos indiferentemente e não é apenas nas características sociodemográficas que observamos a vulnerabilidade, mas também nas condições ambientais e de localizações. É clara a relação entre famílias e domicílios em riscos com as más condições e má qualidade ambiental desses domicílios, os tornando mais vulneráveis.

Portanto, buscou-se com o trabalho inserir o debate da geomorfologia social com o entendimento de como as interações políticas, sociais e o uso e ocupação da terra tiveram efeitos na determinação do futuro do rio e também nas concepções e intervenções técnicas na modificação do rio (ASHMORE, 2015).

O uso do conceito de vulnerabilidade social foi essencial para alcançar a compreensão de como os processos fluviais interagem com os sistemas humanos (e vice-versa), com geração de consequências para os dois. E defende-se que as ocorrências de inundações não são somente processos físicos e geram práticas e arranjos políticos ao longo da história, como financiamentos para obras e reestruturação de canais e também a criação de organizações sociais e ambientais. Todo o ordenamento é percebido ao longo da história a partir da interação entre a natureza e a estrutura de sociedade e relações de poder escolhidas pelos seres humanos. Obviamente, esse cenário causará muitas consequências na morfologia e no funcionamento de toda bacia hidrográfica, mas também de como a sociedade enxerga os rios, ou seja, ameaçador ou necessário?

Por isso, defende-se aqui que na definição do papel do rio para tal sociedade e toda gestão de riscos seja embasada nas questões de justiça social e ambiental, pois somente a partir dessas concepções será possível intervir e mudar as condições de vulnerabilidade social apontadas no presente trabalho.

Por fim, apesar dos desafios que é fazer e pensar uma geografia totalitária, pôde-se contribuir para um diálogo entre as propostas conceituais a partir da articulação e contextualização política, social e histórica. Cabe reafirmar que a busca pela totalidade não é sobre o saber total, mas sim reintegrar o homem na natureza sem o reduzi-lo a isso. Lembrando sempre que, como afirmam Suertegaray e Paula (2019, p. 86), o real é complexo e inalcançável pela ciência moderna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, Aziz N. O sítio Urbano de São Paulo. In: Modenesi-Gauttieri, M. C. et al (Org.). **A obra de Aziz Nacib Ab'Saber**. São Paulo, Beca-Ball, 2010, p. 180-214.
- ACSELRAD, Henri. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, [S.L.], v. 5, p. 49-59, 19 jun. 2002. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v5i0.22116>.
- ACSELRAD, Henri. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. **Comunicação Ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Te**, Rio de Janeiro, v. 0, n. 0, p. 1-5, ago. 2006.
- ACSELRAD, Henri; MELLO, Cecília Campello Amaral; BEZERRA, Gustavo das Neves. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 160 p.
- ACSELRAD1, Henri. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. **O Social em Questão**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 18, p. 57-68, jan. 2015.
- ALBERTONI, Fúlvio Piccinini. **A Ação dos Sujeitos Sociais na Urbanização da Região da São Pedro em Juiz de Fora MG**. 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Serviço Social, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014.
- AMARAL, Rosangela do; RIBEIRO, Rodrigues Rogério. Inundação e enchentes. In: TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do (org.). **Desastres Naturais, conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52.
- ARMOND, Núbia Beray. **Dinâmica Climática, Excepcionalidade e Vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do rio de janeiro..** 2018. 167 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2018.
- ASHMORE, Peter. Towards a sociogeomorphology of rivers. **Geomorphology**, [S.L.], v. 251, p. 149-156, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.02.020>.
- BARROS, Samarane Fonseca de Souza. CIDADE MÉDIA E REGIÃO: análise a partir da região intermediária de juiz de fora/mg. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL, 18, 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: Ufrn, 2019. p. 1-20.
- BIANCARD, Victor Almeida; COSTA, Rômulo Montan. Análise Multitemporal do Uso e Ocupação da terra Correlato com a Legislação de Parcelamento e Uso do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Humaitá, Juiz de Fora - MG. In: 5 Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 2016, Três Rios. **Anais [...]**. Três Rios, 2016, p. 205-211.
- BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 25/04/2022

CASTRO, Cleber Marques de; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; RIO, Gisela Aquino Pires do. Riscos Ambientais e Geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 2, p. 11-30, 2005.

CHARLTON, Ro. **Fundamentals of Fluvial Geomorphology**. New York: Routledge, 2007.

CHEREM, Luis Felipe Soares *et al.* Análise e Compartimentação Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Alto Rio das Velhas - Região Central de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 11-21, jan. 2011.

CHEREM, Luis Felipe Soares. **Análise morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas-MG**. 2008. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1980. 188 f.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981. Cap.4.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. Geometria Hidráulica. **Notícias Geomorfológicas**, São Paulo, v. 32, n. 16, p. 3-37, 1976.

COELHO, André Luiz Nascentes. **Alterações Hidrogeomorfológicas no Médio-baixo Rio Doce/ES**. 2007. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

COELHO NETTO, Ana Luiza. Hidrologia da Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, Antônio José T.; CUNHA, Sandra B. da (org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 96-148.

COLLISCHONN, Walter; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Abrh, 2013. 336 p. Cap. 18 e cap. 20.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **CARTAS DE SUSCETIBILIDADE: Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações**. São Paulo: Ipt, 2014.

COOKE, R. U. DOORNKAMP, J. C. **Geomorphology in environmental management**. Oxford: Clarendon Press, 1990. 410 p.

CORRÊA, Roberto Lobato. **O Espaço Urbano**. São Paulo: Ática, 2000.

COSTA, Fábio Henrique Lima. **Estudo da Suscetibilidade a Inundações na Bacia Hidrografia do Rio Alcântara (RJ): subsídios ao desenvolvimento de metodologias para avaliação de enchentes urbanas**. 2017. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia,

Universidade do Estado do Rio de Janeiro Faculdade de Formação de Professores, São Gonçalo, 2017.

COSTA, Rômulo Montan. **Ação antropogênica sobre o relevo e sua influência na modelagem de predição de escorregamento e de risco na bacia hidrográfica do córrego Tapera, Juiz de Fora - MG.** 2019. 224 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2019.

CUNHA, Lúcio et al. Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos: o desafio das escalas. **Trunfos de Uma Geografia Activa: desenvolvimento local, ambiente, ordenamento e tecnologia**, [s.l.], p.627-637, 2011. Imprensa da Universidade de Coimbra. http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-0244-8_71.

CUNHA, Sandra Baptista da. Geomorfologia Fluvial. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. Cap. 5. p. 211-252.

CUNHA, Sandra Baptista. Rios Desnaturalizados. In: BARBOSA, Jorge Luiz; LIMONAD, Ester. **Ordenamento Territorial e Ambiental**. Niterói: Uff, 2012. Cap. 8. p. 171-191.

CUTTER, Susan L.. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [S.L.], n. 93, p. 59-69, 1 jun. 2011. OpenEdition. <http://dx.doi.org/10.4000/rccs.165>.

CUTTER, Susan. Vulnerability to environmental hazards. **Progress In Human Geography**, [S.I.], v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

DAMASCO, Fernando S.. **Condicionantes Naturais e Antropogênicos das Inundações em Sistemas Fluviais Urbanizados: bacia dos rios guaxindiba/alcântara (RJ).** 2014. 111 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

EAKIN, Hallie; LUERS, Amy Lynd. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. **Annual Review Of Environment And Resources**, [S.L.], v. 31, n. 1, p. 365-394, 1 nov. 2006. Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>.

EDUARDO, Carolina Campos. **Cartografia Geomorfológica Comparada: aplicações no município de Juiz de Fora (MG) como subsídio ao planejamento.** 2018. 158 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M; PELLERIN, J. R. G. M. Mapeamento de Vulnerabilidade no município de Rio Negrinho – SC: uma proposta metodológica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.12, n. 40, p. 205-221, dez.2011.

FEKETE, A.. Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. **Natural Hazards And Earth System Sciences**, [s.l.], v. 9, n. 2, p.393-403, 19 mar. 2009. Copernicus GmbH. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-9-393-2009>.

FERNANDES, Manoel do Couto; AVELAR, André de Souza; NETTO, Ana Luiza Coelho. Domínios Geo-Hidroecológicos do Maciço da Tijuca, RJ: subsídios ao entendimento dos processos hidrológicos e erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 122-148, 2006.

GALVÃO, Renata dos Santos. **Rede de Drenagem Urbana e Planejamento Ambiental: vale do rio João Mendes (Niterói/RJ)**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

GOERL, Roberto Fabris; KOBAYAMA, Masato. Considerações sobre as inundações no Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa. **Anais [...]**. João Pessoa: Abrhidro, 2005. p. 1-14.

HARDY, Richard J. Fluvial geomorphology. **Progress In Physical Geography: Earth and Environment**, [S.L.], v. 30, n. 4, p. 553-567, ago. 2006. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1191/0309133306pp498pr>.

HUMMELL, Beatriz Maria de Loyola; CUTTER, Susan L.; EMRICH, Christopher T.. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. **International Journal Of Disaster Risk Science**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 111-122, jun. 2016. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasília: Ipt, 2007. Ministério das Cidades

KNIGHTON, David. **Fluvial Forms and Processes**. London: Edward Arnold, 1984.

KOHLER, Heinz Charles. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 1, n. 3, p. 21-31, jan. 2002.

LASCHEFSKI, Klemens; COSTA, Heloisa Soares de Moura. Segregação social como externalização de conflitos ambientais: a elitização do meio ambiente na apa-sul, região metropolitana de Belo Horizonte. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 11, n. 2, p. 307-322, jul. 2008.

LEITE, Marcos Esdras; ROCHA, André Medeiros. Mapeamento da suscetibilidade à inundação em áreas urbanas: o caso da cidade de Montes Claros-MG. **Geosul**, Florianópolis, v. 31, n. 62, p. 125-150, jul. 2016.

MACHADO, Pedro José de Oliveira. Urbanização e Modificações no córrego Independência, Juiz de Fora/MG. **Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas**, Rio Grande, v. 9, n. 1, p. 135-154, 2016.

MACHADO, Pedro José de Oliveira; SANTOS, Flávio Augusto Sousa. Evolução Político-Administrativa no Município de Juiz de Fora. In: SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 5, 2017, Juiz de Fora. **Anais [...]**. Juiz de Fora: Ppgeo-Ufjf, 2017. p. 73-87

MACHADO, P. J. O. Evolução demográfica do município de Juiz de Fora/MG, no período de 1850/1920: População, café e território. In: Gomes, I. A. (Org.). *A Geografia na Contemporaneidade*. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018

MAGILLIGAN, Francis J.; GRABER, Brian E.. Hydroclimatological and geomorphic controls on the timing and spatial variability of floods in New England, USA. **Journal Of Hydrology**, [S.L.], v. 178, n. 1-4, p. 159-180, abr. 1996. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(95\)02807-2](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(95)02807-2).

MARANDOLA JUNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. NATURAL HAZARDS:: O ESTUDO GEOGRÁFICO DOS RISCOS E PERIGOS. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. 7, n. 2, p.95-109, jul. 2004.

MARANDOLA JUNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. As dimensões da Vulnerabilidade. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 01, p.33-43, jan. 2006.

MELTON, M. A. An analysis of the relations among elements of climate, surface properties, and geomorphology. Dept. Geol. Columbia Univ. Tech. Rep. 11, Proj. NR 389-042, Off. of Nav. Res., New York, 1957

MENDONÇA, Francisco. RISCOS E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS URBANOS a contingência climática. **Mercator**, [s. l], v. 9, n. 1, p. 153-163, dez. 2010.

MENDONÇA, Magaly. A vulnerabilidade da urbanização do centro sul do Brasil frente à variabilidade climática. **Invest. Geogr.**, Santiago, v. 42, p. 57-84, dez. 2010.

MORAIS, Eduardo Souza de. **Evolução da planície de inundação e confluência do rio Ivaí e rio Paraná na região do Pontal do Tigre**: uma abordagem geomorfológica. 2010. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

NANSON, Gerald C.; CROKE, Jacky C. A genetic classification of floodplains. **Geomorphology**, [S.I.], v. 4, n. 6, p. 459-486, 1992.

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg; SANT'ANNA NETO, João Lima. Modelos Conceituais da Vulnerabilidade e dos Riscos Naturais: uma aproximação ao debate. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2016, Goiânia. **Anais [...]**. Goiânia: Ufg, 2016. p. 571-581

NEVES, Newton Horácio. **Regularização Fundiária**: um estudo de caso em juiz de fora. 2008. 37 f. Monografia (Especialização) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

OLIVEIRA, Alexsander de. **Fragilidade ambiental no setor norte do município de Juiz de Fora (MG)**: subsídios da geomorfologia ao planejamento urbano. 2016. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

OLIVEIRA, T. A.; *et al*; Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do Box plot. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 26, 2020, p. 457-478.

PENNA, Lívea Rocha Pereira; COLCHETE FILHO, Antonio Ferreira. Rio, Cidade e Paisagem Fluvial: o território paraibuna em juiz de fora/mg. **Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 83-98, dez. 2017.

PEREIRA, Crystian Sheila da Silva *et al*. Aplicação de observações em superfície real em análises de bacias hidrográficas no maciço da Pedra Branca/RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal. **Anais [...]**. Natal: Inpe, 2009. p. 4231-4238.

PORTO, Rubem La Laina; ZAHED FILHO, Kamel; SILVA, Ricardo Martins da. **Bacia Hidrográfica**. São Paulo: Escola Politécnica da Usp. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária. Phd 307- Hidrologia Aplicada, 1999.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Juiz de Fora Sempre: Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG: FUNALFA Edições, 2004.

PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folhas Rio de Janeiro /Vitória. MME. Rio de Janeiro, 1983.

ROCHA, Paulo Cesar. Sistema Rio-Planície de Inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 33, p. 50-67, jan. 2011.

RODRIGUES, Viviane Espírito Santo. **Vulnerabilidade Socioambiental e Capacidade de Resposta no Contexto do Risco de Desastres Naturais**: o projeto “Distritos de Petrópolis – RJ”. 2016. 287 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2016.

ROGERSON, Peter A.. **Métodos Estatísticos para Geografia**: um guia para o estudante. Porto Alegre: Bookman, 2010.

RUFAT, Samuel *et al*. Social vulnerability to floods: review of case studies and implications for measurement. **International Journal Of Disaster Risk Reduction**, [S.L.], v. 14, p. 470-486, dez. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.09.013>.

SAITO, Silva M; SARIANO, Érico; LONDE, Luciana R. Desastres Naturais. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi (org.). **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 1. p. 23-40.

SANTIAGO, Bárbara da Silva. **Paisagem e Fragmentação Florestal no Município de Juiz de Fora – MG**. 2008. 208f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Ciência Ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

SANTOS, Marilaine Alves; CARVALHO, Silvia Méri; ANTONELI, Valdemir. Suscetibilidade a Enchentes a partir da Análise de Variáveis Morfométricas, na Bacia Hidrográfica Rio Bonito em Irati-PR-Brasil. **Revista Equador**, Teresina, v. 5, n. 5, p. 151-167, 2016.

SAUSEN, Tania Maria; NARVAES, Igor da Silva. Sensoriamento Remoto para Inundação e Enxurrada. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi (org.). **Sensoriamento Remoto para Desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. Cap. 5. p. 118-147.

SILVA, Telma Mendes da. A estruturação geomorfológica do Planalto Atlântico do estado do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 10, 2003, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Uerj, 2003. p. 1-11

SOBREIRA, F. G.; SOUZA, L. A. de. Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, v. 2, p. 79-97, 2012.

SOUZA, Celia Regina de Gouveia. Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 45-61, jan. 2005.

SOUZA, G. M.; ROMUALDO, S. S. Inundações urbanas: a percepção sobre a problemática socioambiental pela comunidade do bairro Jardim Natal – Juiz de Fora (MG). XIII SBGFA Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Rio Claro (SP). 2009.

SOUZA, Leonardo Andrade de; SOBREIRA, Frederico Garcia. Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Carmo: atributos morfométricos, equação de chuva intensa e tempo de concentração, e análise de suscetibilidade. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v. 69, n. 7, p. 1335-1370, jul. 2017.

SOUZA, Marcelo Lopes de. **Ambientes e territórios**: uma introdução à ecologia política. Rio de Janeiro: Bertrand, 2018. 482 p.

SOUZA, Lilian Aparecida de; CASSAB, Clarice. EXPANSÃO URBANA E DESIGUALDADE SOCIOESPACIAL EM JUIZ DE FORA – MG: o caso da ocupação vila barroso. **Acta Geográfica**, Boa Vista, v. 14, n. 34, p. 141-162, jan. 2020.

SPOSITO, Maria Encarnação B.. Reestruturação Urbana e Segregação Socioespacial no Interior Paulista. **Scripta Nova**: revista electrónica de geografia y ciencias sociales, Barcelona, v. 6, n. 245, p. 1-10, ago. 2007.

STEVAUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336 p.

STRAHLER, Arthur Newell. Hypsometric (Area-Altitude) – Analysis of Erosional Topography. **Geological Society Of America Bulletin**, Miami, v. 63, n. 10, p. 1117-1142, 1952.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; PAULA, Cristiano Quaresma de. Geografia e questão ambiental, da teoria à práxis. **Ambientes**, Cascavel, v. 1, n. 1, p. 79-102, jan. 2019.

TANAGINO, Karina Dias. **Planejamento Urbano e Segregação Sócio-espacial na Cidade Capitalista**: um estudo de caso do conjunto habitacional Jardim Caiçaras em juiz de fora - MG. 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

TAPSELL, S. M. *et al.* Vulnerability to flooding: health and social dimensions. **Philosophical Transactions Of The Royal Society Of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, [s.l.], v. 360, n. 1796, p.1511-1525, 24 maio 2002. The Royal Society.

TATE, Eric. Social vulnerability indices: a comparative assessment using uncertainty and sensitivity analysis. **Natural Hazards**, [S.L.], v. 63, n. 2, p. 325-347, 4 abr. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-012-0152-2>.

TELES, Virginia; CUNHA, Lúcio. Sociedade e Natureza na determinação de riscos naturais urbanos. Vulnerabilidade a inundações no município de Braga. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE RISCOS URBANOS, 1., 2016, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: Ciências Ulisboa, 2016. p. 1-8.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Inundações Urbanas. In: TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; PORTO, Rubem La Laina; BARROS, Mário T de (org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Abrh, 1995. p. 15-29.

VALLE JUNIOR, Renato Farias do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 233 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

VIEIRA, Viviane Torres; CUNHA, Sandra Baptista da. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, Antônio José T.; CUNHA, Sandra B. da (org.). **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 111-145.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw Hill, 1975.

ZAHARAN, Sammy *et al.* Social vulnerability and the natural and built environment: a model of flood casualties in Texas. **Disasters**, [s.l.], v. 32, n. 4, p.537-560, 24 out. 2008. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-7717.2008.01054.x>.