

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

PATRÍCIA SOARES REZENDE



**ANÁLISE DE RISCO DE DESASTRES POR INUNDAÇÃO: CENÁRIOS  
TEMPORAIS PARA A CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES (MG)**

UBERLÂNDIA  
2020

**PATRÍCIA SOARES REZENDE**

**Análise de risco de desastres por inundações: cenários temporais para a cidade de  
Governador Valadares (MG)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), como requisito parcial à obtenção do título de doutora em Geografia.

**Área de Concentração:** Geografia e Gestão do Território.

**Linha de Pesquisa:** Ensino, Métodos e Técnicas em Geografia.

**Orientador:** Professor Dr. Roberto Rosa

**UBERLÂNDIA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

R467a

2020

Rezende, Patrícia Soares, 1986-

Análise de risco de desastres por inundação [recurso eletrônico] :  
cenários temporais para a cidade de Governador Valadares (MG) /  
Patrícia Soares Rezende. - 2020.

Orientador: Roberto Rosa.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Geografia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2020.3611>

Inclui bibliografia.

1. Geografia. I. Rosa, Roberto, 1960-, (Orient.). II. Universidade  
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.  
Título.

---

CDU: 910.1

Nelson Marcos Ferreira - CRB-6/3074



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	<b>GEOGRAFIA</b>				
Defesa de:	<b>Tese de Doutorado, número 197, PPGGEO</b>				
Data:	24 de março de 2020	Hora de início:	14h:00mm	Hora de encerramento:	17h:00mm
Matrícula do Discente:	<b>Número da matrícula: 11613GEO010</b>				
Nome do Discente:	<b>Patrícia Soares Rezende</b>				
Título do Trabalho:	<b>ANÁLISE DE RISCO DE DESASTRE POR INUNDAÇÃO: CENÁRIOS TEMPORAIS PARA A CIDADE DE GOVERNADOR VALADARES (MG)</b>				
Área de concentração:	<b>GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO</b>				
Linha de pesquisa:	<b>ANÁLISE, PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL</b>				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se por videoconferêncian a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em **GEOGRAFIA** da Universidade Federal de Uberlândia, assim composta: Professores Doutores: **Vanderlei de Oliveira Ferreira - IG - UFU; Ednaldo Carvalho Guimarães - FAMAT - UFU; Luiz Eduardo Panisset Travassos - PUC-MINAS; Victor Marchezini - CEMADEN e Roberto Rosa - IG-UFU** orientador(a) do(a) candidato(a).

*Todos os membros participaram por videoconferência devido a Pandemia do COVID-19.*

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

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

**Aprovado(a).**

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de **Doutora**.

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

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

Documento assinado eletronicamente por **Roberto Rosa, Professor(a) do Magistério Superior, em**



26/03/2020, às 09:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanderlei de Oliveira Ferreira, Professor(a) do Magistério Superior**, em 26/03/2020, às 11:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Marchezini, Usuário Externo**, em 27/03/2020, às 10:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Eduardo Panisset Travassos, Usuário Externo**, em 31/03/2020, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ednaldo Carvalho Guimarães, Professor(a) do Magistério Superior**, em 03/04/2020, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site  
[https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 1952910 e o código CRC E87C6820.

## AGRADECIMENTOS

Nesses quatro anos de doutoramento vivi muitas experiências, foram vários eventos científicos, cursos, estudos, discussões teóricas e metodológicas... Momento de muito aprendizado e infinitas borboletas no estômago. Mas apesar de haver dias desanimadores, considero que vivi mais dias coloridos que sombrios, e por isso tenho mais motivos para agradecer e me lembrar com carinho dessa fase do que me lamentar pela escolha que fiz para minha vida! Ao longo desse período, tenho muitas pessoas para agradecer, assim, deixo registrados aqui meus sinceros agradecimentos.

Obrigada, Deus e Nossa Senhora Aparecida, por me guiarem e me protegerem em todos os dias da minha vida!

Agradeço de forma especial ao professor Roberto Rosa, por me orientar desde o mestrado, por me ajudar, por me apoiar nesse caminho acadêmico; por permitir que eu ministrasse aulas práticas de geotecnologias em suas aulas na graduação. Essa oportunidade foi o melhor que poderia ter acontecido. Obrigada pelas conversas e pela amizade, por clarear minhas indagações ao longo da pesquisa! Sou muito grata por ter sido sua orientanda!

Agradeço aos meus pais Sebastião e Marli, por todo carinho, por acreditarem nos meus sonhos, por me apoiarem ao longo dessa caminhada acadêmica. Vocês são minha base, meu orgulho, meu tudo. Amo vocês!

Agradeço também ao meu irmão, Fabricio e a minha cunhada Simone, por todo carinho, pelas conversas no dia a dia e por me manterem presente na vida dos meus sobrinhos, mesmo morando longe de vocês. Obrigada por terem me oportunizado ser tia das crianças mais lindas e amorosas, Mariana, Rafael e Nathalia, vocês são minha alegria. Amo muito vocês.

Agradeço meu avô João Custódio e minha avó Terezinha, por sempre acreditarem na importância dos estudos. Obrigada por me permitirem morar em sua residência para conseguir cursar o ensino médio e a licenciatura em geografia. Vocês foram a base para tudo que consegui até hoje. Aos demais membros da minha família, obrigada pelo carinho!

Ao Hélio Carlos, meu companheiro, meu amigo, meu amor. Obrigada por ter sido tão paciente nesses anos de estudos, principalmente nos momentos que eu estava “surtada mentalmente” e você conseguia devolver minha plenitude com seus conselhos. Obrigada por tudo que você faz por mim. Sou grata eternamente por toda ajuda que você me deu. Você é muito importante em minha vida! Que Deus te guie sempre!

Agradeço o senhor João, dona Cida, Samantha, Tamara, Roberto, Tiago e as pequenas Geovana, Heloisa e Maria Fernanda, por todo carinho. Obrigada a dona Cida por fazer meu final de semana doce, com o melhor pudim de leite condensado do mundo! Vocês são especiais.

Agradeço a minha prima do coração, Franciele Resende, por ser a pessoa que sempre segurou minha mão com muito amor. Obrigada por todas as conversas, pelo carinho, por ser presente em

minha vida desde nosso nascimento. Sou eternamente grata por ser sua prima, que nossa amizade permaneça por toda nossa vida.

Agradeço aos amigos, Aline Roldão, Daniela Marques, Samuel Alves, Lisiâne Mendes, Fander, Tatiana Diniz, Eduardo Petrucci, Mirna Karla, Flávia Oliveira, Flávia Araújo, Henrique Moreira, Cristiano, Franciele Castro, Diogo Pompeu, Carine Rezende, Moises, Josimar, Dhulia, Gilson Santos, Rafael Rosa, Santiago, Joana Darc, por todas as conversas diárias e pelo carinho. Vocês são especiais.

Agradeço aos meninos do Laboratório de Geoprocessamento (Lageo), Breno, Guilherme e Leonardo pela companhia, pelas conversas, por toda troca de conhecimento e por toda ajuda.

Agradeço a toda equipe do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), pois foi lá que as ideias iniciais desta tese foram se construindo. Agradeço de forma especial ao Victor Marquezini, por aceitar me supervisionar no estágio, e aos pesquisadores Carla Prieto, Katia Bortoletto, Márcio Moraes, Márcio Andrade, Silvia Saito, Liana Anderson, Conrado Rudorff, Leonardo Santos e Pedro Camarinha, obrigada por todas as conversas que tivemos e pela amizade que construímos.

À Daniela Marques pela leitura desta pesquisa, suas considerações foram importantes, obrigada por tudo. Você foi um dos presentes que a UFU me deu. Obrigada pela amizade. Te adoro!

Agradeço ao professor Ednaldo pelas orientações estatísticas e de geoestatística e pela oportunidade de aprender estatística e geoestatística de forma agradável, leve e doce. Você é uma pessoa iluminada! Sou eternamente grata por ter tido a oportunidade de ser sua aluna. Que a vida possa te retribuir em dobro toda atenção e bondade que faz para os alunos da UFU.

Agradeço ao Leandro Almeida pelo apoio com as aplicações de geoestatística. Sua ajuda foi muito importante para esta pesquisa.

Agradeço a Ana Paula Dal'Asta, por me receber no INPE e pela ajuda na compatibilização dos setores censitários.

A Eleusa e Luis Paulo, pela companhia diária, e pelas conversas ao longo dos dias.

Agradeço à Prefeitura de Governador Valadares, em especial ao Eltinho, ao Tiago e ao Lula, por todas as informações disponibilizadas, pelas conversas e por todo suporte ao longo da pesquisa.

À Defesa Civil de Governador Valadares, por todas as informações disponibilizadas referentes às inundações.

Ao senhor Birila, por toda contribuição, por ter disponibilizado várias informações de Governador Valadares necessárias para esta pesquisa. Obrigada por compartilhar seu conhecimento.

Agradeço ao Nil, administrador da página do Facebook “Fotos antigas de Governador Valadares”, por permitir que eu utilizasse suas fotos em minha tese. Obrigada por nos permitir visualizar tantas fotografias lindas de Governador Valadares.

Agradeço ao Gilcimar, uma pessoa iluminada que conheci no trabalho de campo em Governador Valadares, obrigada por se prontificar a me acompanhar no dia de campo. Que você continue sendo essa pessoa humilde e gentil.

Agradeço à dona Nilma, por me acolher por cinco meses em São José dos Campos. Eu diria que foi a melhor coisa que aconteceu. Obrigada por ser minha companhia e por me apresentar tantas coisas boas da cidade. Agradeço por tudo que fez por mim.

Agradeço à Marcia, minha terapeuta, pelo carinho, atenção e por me ajudar nos dias cinzas. Nossos encontros foram muito importantes para finalizar o doutorado de forma mais leve.

Agradeço ao grupo de amigos da academia Premium, em especial ao professor Guilherme, à professora Julia Buiatte e à Stephany, por fazerem parte das minhas noites, me proporcionando muitas alegrias e descanso mental.

Ao Gilvandro Mendes e à Mônica Silva, pelas correções de português, e à Isa, pela tradução do resumo.

Agradeço aos professores Gelze Serrat de S. C. Rodrigues e Vanderlei Oliveira Ferreira, por terem participado da defesa do projeto de pesquisa; aos professores Vanderlei O. Ferreira e Ednaldo Carvalho Guimarães, que participaram desde a qualificação e ainda ao Victor Marchezini e Luiz Eduardo Panisset Travassos que participaram da defesa final. Muito obrigada pela contribuição!

Agradeço aos seguranças da UFU, em especial os que zelam pela segurança do Bloco 5M, pois só assim foi possível permanecer no bloco em período de férias, quando a universidade estava pouco movimentada. Obrigada também às meninas da limpeza, em especial a Ivanete, por manterem nosso bloco em perfeitas condições e pelas conversas no dia a dia.

Agradeço a Izabel e João, secretários do PPGE, por toda ajuda durante os anos de pesquisa.

Agradeço todos os professores do instituto de Geografia, em especial a professora Beatriz. Obrigados professores Claudio de Mauro, Luiz Antônio, Claudionor, Gelze, João Clepes, Willian, Jorge Brito, Marlene, Ângela... por tudo que aprendi com vocês. Sou grata por tudo que me ensinaram academicamente e para a vida.

À Capes, pela bolsa de estudos que viabilizou este trabalho, e à UFU, pela oportunidade de realizar o curso de graduação em Geografia, mestrado, e agora o doutorado.

Por fim, foram dez anos na UFU, com muitos conhecimentos, muitas alegrias, muitas amizades, muitos desafios (principalmente economicamente), inseguranças, conquistas, evolução profissional e pessoal. São dez anos que guardarei em meu coração para sempre. Sou grata a Deus e ao universo por tudo que vivi, pois a "menina da roça", que acordava de madrugada para ir à escola, enfrentando chuva, frio e poeira, hoje adulta, realiza seu sonho de concluir seus estudos em uma universidade pública. A partir de agora, começam outros sonhos, e um deles é poder compartilhar com outras pessoas o conhecimento adquirido ao longo desses anos e ainda incentivar as que passarem em minha vida a estudar, pois essa é sempre a melhor opção. Apesar de todas as dificuldades ao longo do caminho, temos que procurar melhorar nossos conhecimentos todos os dias sem perder a leveza, a fé e a humildade. Assim, encerro aqui um ciclo importante com a certeza de que novas fases estão por vim.

Tenho muito a aprender e muitos motivos para agradecer.

*Me perdoem por toda esta “bagunça”... Eu só queria passar.  
Eu não fui feito pra Destruir... Eu só queria passar.*

*Já fui Esperança para os Navegantes...  
Rede cheia para Pescadores...  
Refresco para os banhistas em dias de intenso calor.  
Hoje sou sinônimo de Medo e Dor...*

*Mas, eu só queria passar...*

*Me perdoem por suas casas  
Por seus móveis e imóveis  
Por seus animais  
Por suas plantações... Eu só queria passar.*

*Não sou seu inimigo  
Não sou um vilão  
Não nasci pra destruição...  
Eu só queria passar.*

*Era o meu curso natural  
Só estava seguindo meu destino  
Mas, me violentaram,  
Sufocaram minhas nascentes  
Desmataram meu leito... Quando eu só queria passar.*

*Encontrei tanta coisa estranha pelo caminho... Que me fizeram Transbordar...  
Muros  
Casas  
Entulhos  
Garrafas  
Lixo  
Pontes  
Pedras  
Paus...  
Tentei desviar... Porque eu só queria passar.*

*Me perdoem por inundar sua história,  
Me perdoem por manchar esta história...  
Eu só estava passando...*

*Seguindo o meu trajeto  
Cumprindo o meu destino:  
Passar....*

**Lamento de um rio...** Escrito por Scheilla Lobato, em 27 de janeiro de 2020.

## RESUMO

As cidades brasileiras têm sido acometidas por desastres relacionados a inundações, e isso vem ocasionando alto quantitativo de perdas e danos. Diante disso, o objetivo geral desta tese foi entender a construção do risco de desastre por inundações, considerando elementos geográficos, sociais e ambientais, que variam no tempo e no espaço. O recorte geográfico escolhido para aplicação metodológica foi a área urbana de Governador Valadares (MG). Para atingir o objetivo proposto, desenvolveu-se uma metodologia considerando três cenários temporais (os anos 2000, 2010 e 2018). O primeiro procedimento metodológico foi a compatibilização dos setores censitários, para possibilitar a comparação dos cenários de risco de desastre por inundações ao longo dos anos. Posteriormente, elaborou-se o mapeamento de perigo de inundações e de áreas urbanizadas. Com intuito de entender as vulnerabilidades da população exposta, realizou-se mapeamentos de vulnerabilidade social para diferentes propostas metodológicas (representação por área, interpolação spline e a krigagem ordinária). Foi utilizada ainda uma metodologia para projeção dos dados de vulnerabilidade social para o ano de 2018. Considerando os mapas de perigo, área urbanizada e vulnerabilidade social, formulou-se o mapeamento de risco de desastre por inundações para diferentes cenários temporais, através do método de representação por área, spline e krigagem ordinária. Por se tratar de uma proposta metodológica, considerou-se o resultado do ano de 2018 (ano mais recente) para validação da vulnerabilidade social, a partir da verificação em campo, pela estatística Kappa e pelo método do erro médio absoluto. Verificou-se que todas as propostas metodológicas são válidas para estudos de vulnerabilidade social, mas a krigagem ordinária apresentou melhores valores nas validações. As propostas metodológicas dos cenários de risco de desastre de 2018 foram validadas considerando a cota de inundações de 6,5 metros, disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Verificou-se que o método da krigagem ordinária apresentou melhores resultados, uma vez que se aproximou mais da cota de inundações de 6,5 metros da CPRM. Assim, constatou-se que a área urbana apresenta 11,69% de sua superfície com alta suscetibilidade a inundações; tem-se 7,44% de sua área acometida por perigo alto de inundações, e de 2003 a 2018 apresentou uma taxa de crescimento de 24,71% para classe muito densa de urbanização. Ficou evidenciado que houve redução das classes de vulnerabilidade social em alguns locais da cidade, mas essa redução não ocorreu de forma significativa nas proximidades do Rio Doce, locais de exposição a inundações. Já os cenários de riscos de desastres por inundações apresentaram aumento dos graus de risco muito alto e alto para os cenários analisados. Por fim, percebe-se que mesmo diante de todas as inundações registradas, as áreas próximas ao Rio Doce continuaram sendo ocupadas. Assim, confirma-se a hipótese desta pesquisa de que os riscos de desastre por inundações são construídos, uma vez que se essas áreas não fossem ocupadas, o processo de enchente do Rio Doce aconteceria de forma natural, sem atingir as pessoas.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento. Cenários Temporais. Risco de Desastre. Vulnerabilidade Social.

## ABSTRACT

Brazilian cities have been affected by disasters related to floods, and this has been causing high amounts of losses and damages. Given this, the general objective of this thesis was understand the construction of the risk of disaster by flood, considering geographic, social and environmental elements, which vary in time and space. The geographical area chosen for methodological application was urban area of Governador Valadares (MG). To achieve the proposed objective, a methodology was developed considering three time scenarios (the years 2000, 2010 and 2018). The first methodological procedure was to make the census sectors compatible, in order to make it possible to compare the flood risk scenarios over the years. Subsequently, the flood hazard mapping and the urbanized areas mapping were elaborated. In order to understand the vulnerabilities of the exposed population, social vulnerability mappings were carried out for different methodological proposals (representation by area, spline interpolation and ordinary kriging). A methodology was also used to project social vulnerability data for 2018. Considering the maps of danger, urbanized area and social vulnerability, the mapping of disaster risk by flooding was formulated for different temporal scenarios, through the method of representation by area, spline and ordinary kriging. As it is a methodological proposal, the result of the year 2018 (the most recent year) was considered for the validation of social vulnerability, based on verification in the field, using the Kappa statistic and the absolute mean error method. It was found that all methodological proposals are valid for studies of social vulnerability, but ordinary kriging showed better values in the validations. The methodological proposals for the 2018 disaster risk scenarios were validated considering the 6.5 meter flood quota, made available by the Geological Survey of Brazil (CPRM). It was found that the ordinary kriging method showed better results, since it was closer to the 6.5 meter flood quota of (CPRM). Thus, it was found that the urban area has 11,69% of its surface with high susceptibility to flooding; 7,44% of its area is affected by high flood risk, and from 2003 to 2018 it presented a growth rate of 24,71% for a very dense urbanization class. It was evident that there was a reduction in social vulnerability classes in some places in the city, but this reduction did not occur significantly in the vicinity of the Doce River, places of exposure to flooding. The flood disaster risk scenarios, on the other hand, showed an increase in the very high and high degrees of risk for the analyzed scenarios. Finally, it is clear that even in the face of all recorded floods, the areas close to the Doce River continued to be occupied. Thus, the hypothesis of this research is confirmed that the risks of disaster by flood which are being built upon, because if these areas were not occupied, the flooding process of the Doce River would happen naturally, without reaching people.

**Keywords:** Geoprocessing. Time Scenarios. Disaster Risk. Social Vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa com a localização da área urbana de Governador Valadares (2019).....	22
FIGURA 2 – Crescimento populacional do município de Governador Valadares (1930 a 2018) .....	23
FIGURA 3 – Mapa de hipsometria da área urbana de Governador Valadares (2018) .....	24
FIGURA 4 – Mapa de declividade da área urbana de Governador Valadares (2018).....	25
FIGURA 5 – Mapa de solos da área urbana de Governador Valadares (2018).....	26
FIGURA 6 – Componentes da formulação do processo de risco de desastre .....	30
FIGURA 7 – Representação da diferenciação entre uma enchente e uma inundação.....	32
FIGURA 8 – Exemplo de área com diferentes classes de suscetibilidade a inundação.....	36
FIGURA 9 – Etapas para a construção dos cenários de risco de desastre a inundação.....	41
FIGURA 10 – Demonstração da subdivisão dos setores de 2000 para formar o setor do ano de 2010 .....	42
FIGURA 11 – Tabela (Básico_MG) do Censo de 2000 e 2010 com as informações do setores .....	43
FIGURA 12 – Modelo de planilha (Compara_GV) para compatibilização dos setores 2010/2007/2000 .....	43
FIGURA 13 – Planilhas e tabela do IBGE que contêm as informações para realizar a compatibilização entre os setores .....	44
FIGURA 14 – Planilha (Compara_GV) para compatibilização dos setores 2010/2007/2000 preenchida com os dados de Governador Valadares.....	45
FIGURA 15 – Resultado da intersecção entre os setores de 2000 e 2010.....	45
FIGURA 16 – Governador Valadares (MG): setores censitários da área urbana (2000 e 2010).....	46
FIGURA 17 – Fluxograma com as etapas para elaboração do mapa de perigo a inundação.....	47
FIGURA 18 – Etapas para reclassificação da suscetibilidade a partir do algoritmo r.recode ..	49
FIGURA 19 – Variáveis utilizadas para elaboração do mapa de perigo de inundação.....	52
FIGURA 20 – Etapas para elaboração do mapa de perigo, por setor censitário .....	53
FIGURA 21 – Diferentes resultados do mapa de perigo de inundação.....	54
FIGURA 22 – Extração do centroide dos setores censitários e interpolação pelo b-spline ..	78
FIGURA 23 – Estatística descritiva dos fatores para verificação de assimetria, por fator ..	81
FIGURA 24 – Estatística descritiva espacial, por fatores, em 2000 e 2010.....	82
FIGURA 25 – Modelos e parâmetros de análises do semivariograma, por fator.....	84
FIGURA 26 – Geração da krigagem pelo GS+ e o resultado em formato .txt.....	86
FIGURA 27 – Grade de pontos com os valores interpolados pela krigagem e o módulo de geoestatística do software Arcgis .....	86
FIGURA 28 – Variáveis utilizadas para elaboração do mapa de risco de desastre por inundação, exemplo do ano de 2000 .....	89
FIGURA 29 – Pontos visitados na área de estudo para validação metodológica .....	91
FIGURA 30 – Resultado das três propostas metodológicas do ano de 2018 considerando a sobreposição com a mancha de inundação do ano de 2012 e 2013 da defesa Civil (A) e o resultado sobreposto com a cota de inundação de 6,5 metros do mapeamento da CPRM (2004) (B) .....	92
FIGURA 31 – Gráfico com os registros de inundação em Governador Valadares, no período de 1979 a 2018.....	94
FIGURA 32 – Distribuição mensal das inundações em Governador Valadares para o período de 1979 a 2018.....	95
FIGURA 33 – Espacialização das manchas de inundações em Governador Valadares (1979, 1992, 1997, 2003, 2005, 2012 e 2013) .....	96

FIGURA 34 – Inundação de 16 de janeiro de 1979, detalhe da Rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro.....	97
FIGURA 35 – Inundação de 16 de janeiro de 1979, detalhe da Rua João Paulo Pinheiro, bairro São Pedro .....	97
FIGURA 36 – Mapa da mancha de inundação de 16 de janeiro de 1979 e bairros implantados até esse ano .....	98
FIGURA 37 – Mapa da mancha de inundação de 6 de janeiro de 1997 e bairros implantados até 1996 .....	99
FIGURA 38 – Inundação de 6 de janeiro de 1997, detalhe para rua Ibituruna, bairro São Pedro.....	100
FIGURA 39 – Inundação de 6 de janeiro de 1997, detalhe para a rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro.....	100
FIGURA 40 – Mapa da mancha de inundação de 7 de março de 2005 e bairros implantados até 2005.....	100
FIGURA 41 – Inundação de 2005, detalhe para rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro.....	101
FIGURA 42 – inundaçao de 2005, localização da ilha dos Araújos.....	101
FIGURA 43 – Mapa da mancha de inundação de 6 de janeiro de 2012 e bairros implantados até 2012.....	102
FIGURA 44 – Inundação de 2012, detalhe do bairro São Tarcisio.....	102
FIGURA 45 – Inundação de 2012, vista do bairro Santa Rita.....	102
FIGURA 46 – Inundação de 2012, detalhe do bairro Ilha dos Araújos .....	103
FIGURA 47 – Inundação de 2012, Rua Coronel Roberto Soares, bairro São Paulo .....	103
FIGURA 48 – Situação da Escola Municipal Olegário Maciel – Bairro Nova JK após inundaçao de 2012 .....	104
FIGURA 49 – Móveis destruídos pela inundaçao de 2012, aguardado a retirada pela Prefeitura no Bairro São Paulo .....	104
FIGURA 50 – Página do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE) da CPRM do dia 27/01/2020 as 21:35 apresentando a situação de Governador Valadares com relação a possibilidade de inundaçao.....	104
FIGURA 51 – Mapa com a Previsão de riscos geo-hidrológicos do Cemaden para 26/01/2020 .....	105
FIGURA 52 – Mapa com a Previsão de riscos geo-hidrológicos do Cemaden para 27/01/2020 .....	105
FIGURA 53 – Site do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) com informação do nível do Rio Doce e boletim da Defesa Civil. ....	105
FIGURA 54 – Frente da residênciia localizada no bairro São Paulo com revestimento.....	107
FIGURA 55 – Mapa de suscetibilidade a inundaçao .....	108
FIGURA 56 – Mapa de superfícies inundáveis por diferentes períodos de retorno.....	110
FIGURA 57 – Mapa final de perigo a inundaçao .....	112
FIGURA 58 – Mapa dos bairros de Governador Valadares desde 1930.....	114
FIGURA 59 – Mapa de áreas urbanizadas de 2003, 2012 e 2018.....	116
FIGURA 60 – Evolução da urbanização em Governador Valadares de 2003 a 2018.....	118
FIGURA 61 – Exemplo do aumento de ocupação próxima ao Rio Doce (2003 e 2019) .....	118
FIGURA 62 – Exemplo de alteração do balanço hídrico decorrente da urbanização .....	119
FIGURA 63 – Espacialização populacional de 2000, 2010 e 2018 .....	120
FIGURA 64 – Fatores para análise de vulnerabilidade social a inundaçao .....	122
FIGURA 65 – Vulnerabilidade social referente à alfabetização (ano de 2000, 2010 e 2018).....	124
FIGURA 66 – Evolução educacional em Governador Valadares (1991 a 2010).....	125
FIGURA 67 – Vulnerabilidade social referente aos responsáveis pelo domicílio e idade (ano de 2000, 2010 e 2018) .....	127

FIGURA 68 – Quantidade de pessoas acima de 65 anos de idade e crianças.....	128
FIGURA 69 – Vulnerabilidade social referente à renda (ano de 2000, 2010 e 2018) .....	130
FIGURA 70 – Dados de admissões e desligamentos em Governador Valadares .....	131
FIGURA 71 – Presença de lixo na margem do Rio Doce, no bairro Santa Terezinha .....	133
FIGURA 72 – Poluição do córrego e presença de lixo .....	133
FIGURA 73 – Vulnerabilidade social referente à infraestrutura básica de moradia (ano de 2000, 2010 e 2018) .....	134
FIGURA 74 – Local de despejo do esgoto direto no rio Doce, no Bairro São Pedro .....	135
FIGURA 75 – Esgoto a céu aberto, localizado no Bairro Santa Terezinha.....	135
FIGURA 76 – fatores utilizados para composição do mapa final de vulnerabilidade social.	136
FIGURA 77 – Mapa final de vulnerabilidade social (ano de 2000, 2010 e 2018).....	137
FIGURA 78 – Áreas diagnosticadas com risco social no ano de 2003 .....	138
FIGURA 79 – Exemplos de moradias localizadas em vulnerabilidade social alta .....	139
FIGURA 80 – Exemplos de moradias localizadas em vulnerabilidade social muito alta.....	139
FIGURA 81 – Moradias localizadas em vulnerabilidade social baixa e muito baixa.....	140
FIGURA 82 – Exemplo de melhores condições de urbanização .....	141
FIGURA 83 – Vulnerabilidade social de Governador Valadares para o ano de 2000 e 2010.....	142
FIGURA 84 – índices de vulnerabilidade social para Governador Valadares em 2000 e 2010 .....	142
FIGURA 85 – Mapa de risco de desastres a inundação (2000, 2010 e 2018).....	146
FIGURA 86 – Mapa de risco de desastre a inundação, trechos para os diferentes anos (2000, 2010 e 2018) .....	147
FIGURA 87 – Bairros que são atingidos pela inundação.....	148
FIGURA 88 – Mapa com a localização dos abrigos para os graus de risco de desastre por inundação do ano de 2018 .....	151
FIGURA 89 – Mapa do macrozoneamento de Governador Valadares de 1993 .....	153
FIGURA 90 – Mapa do zoneamento urbano de Governador Valadares do ano de 2019, lei complementar 243/2019 .....	154

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO 1 – Valores e critérios atribuídos às classes de suscetibilidade.....	49
QUADRO 2 – Critério e valores de ponderação para diferentes períodos de retorno .....	51
QUADRO 3 – Chave de interpretação para elaboração do mapa de área urbanizada .....	55
QUADRO 4 – Classificação da área urbanizada para os anos de 2002, 2012 e 2018 .....	56
QUADRO 5 – Critério e valores para as classes das áreas urbanizadas .....	57
QUADRO 6 – Variáveis iniciais para elaboração do mapa de vulnerabilidade social .....	58
QUADRO 7 – Variáveis finais (2000 e 2010) utilizadas para elaboração do mapa de vulnerabilidade social .....	61
QUADRO 8 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social ano de 2000 .....	70
QUADRO 9 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social ano de 2010 .....	70
QUADRO 10 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os fatores de vulnerabilidade social.....	85
TABELA 1 – Classes do mapa de perigo a inundação.....	52
TABELA 2 – Resultado da matriz de correlações para o ano de 2000 (Correlation Matrix) ..	63
TABELA 3 – Resultado da matriz de correlações para o ano de 2010 (Correlation Matrix) ..	63
TABELA 4 – Resultado do teste de KMO e teste de Bartlett para o ano de 2000 e 2010 .....	64
TABELA 5 – Resultado da matriz Anti-Imagem de correlações do ano de 2000 (Matrizes de Anti-Imagem) .....	66
TABELA 6 – Resultado da matriz Anti-Imagem de correlações do ano de 2010 (Matrizes de Anti-Imagem) .....	66
TABELA 7 – Resultado das comunalidades do ano de 2000.....	67
TABELA 8 – Resultado das comunalidades do ano de 2010.....	67
TABELA 9 – Resultado da variância total explicada do ano de 2000 (Total Variance Explained).....	68
TABELA 10 – Resultado da variância total explicada do ano de 2010 (Total Variance Explained).....	68
TABELA 11 – Resultado da matriz dos componentes rotacionada (2000) (Rotated Component Matrix) .....	69
TABELA 12 – Resultado da matriz dos comp. rotacionada (2010) (Rotated Comp. Matrix) ..	69
TABELA 13 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social, por setor, para os anos de 2000, 2010 e 2018 .....	76
TABELA 14 – Classes de vulnerabilidade social por setor, anos de 2000, 2010 e 2018 .....	77
TABELA 15 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social (Spline), anos de 2000, 2010 e 2018 .....	78
TABELA 16 – Classes de vulnerabilidade social (Spline), anos de 2000, 2010 e 2018.....	79
TABELA 17 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social (Krigagem ordinária) anos de 2000, 2010 e 2018 .....	87
TABELA 18 – Classes de vulnerabilidade social (Krigagem ordinária), anos de 2000, 2010 e 2018 .....	87
TABELA 19 – Classes de risco de desastres a inundação, por método, por ano .....	90
TABELA 20 – Percentual das classes de vulnerabilidade social relacionada a alfabetização .....	125
TABELA 21 – Classes de vulnerabilidade social relacionada aos responsáveis pelo domicílio e idade.....	126
TABELA 22 – Classes de vulnerabilidade social relacionada a renda .....	129

TABELA 23 – Classes de vulnerabilidade social relacionada a infraestrutura básica de moradia .....	132
TABELA 24 – Classes de vulnerabilidade social para diferentes anos .....	141
TABELA 25 – Área de risco de desastre a inundação para diferentes anos .....	149
TABELA 26 – Quantidade de edificação exposta para os graus de risco de desastres a inundação .....	150

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ACP – Análise de componentes principais  
AF – Análise Fatorial  
ANA – Agência Nacional das Águas  
APE – Área de Proteção Especial  
BU – Índice Built-up  
Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais  
GAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas  
Hand – Height Above the Nearest Drainage  
IBGE – Instituto de Geografia e Estatística  
IC – Índice de Consistência  
IDHM – Índice de desenvolvimento humano municipal  
IPT – Instituto de Pesquisas tecnológicas  
Inpe – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
INPA – Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia  
KMO – Kaiser-Meyer-Olkin  
MDE – Modelo Digital do terreno  
MSA – Adequação da amostra  
PBMC – Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas  
PPGEO – Programa de Pós Graduação em Geografia  
PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil  
QGis – *Quantum GIS*  
RMS – Erro quadrático médio  
RC – Razão de Consistência  
SIG – Sistema de Informação Geográfica  
Sirgas – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas  
S2ID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS</b>	18
1.1	PROBLEMÁTICA	19
1.2	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	20
1.3	OBJETIVOS	21
1.4	ÁREA DE ESTUDO	22
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL CONCEITUAL</b>	28
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	38
3.1	MATERIAIS	38
3.2	TRABALHOS DE CAMPO	39
3.3	METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DOS CENÁRIOS DE RISCO DE DESASTRE POR INUNDAÇÃO	40
3.3.1	Compatibilização dos setores censitários	42
3.3.2	Mapa de perigo de inundaçāo	47
3.3.2.1	<i>Mapa de suscetibilidade a inundaçāo</i>	48
3.3.2.2	<i>Mapa de superfícies inundáveis por diferentes períodos de retorno</i>	50
3.3.2.3	<i>Mapa final de perigo de inundaçāo</i>	51
3.3.3	Mapa de áreas urbanizadas expostas ao perigo de inundaçāo para os anos de 2003, 2012 e 2018	54
3.3.4	Mapa de vulnerabilidade social para os anos de 2000, 2010 e 2018	57
3.3.4.1	<i>Elaboração dos fatores de vulnerabilidade social para o ano de 2000 e 2010</i>	58
3.3.4.1.1	<i>Análise estatística descritiva e análise estatística fatorial exploratória de 2000 e 2010</i>	60
3.3.4.1.2	<i>Interpretação dos resultados da análise fatorial exploratória (AF) de 2000 e 2010</i>	62
3.3.4.1.3	<i>Projeção dos fatores de vulnerabilidade social para o ano de 2018</i>	63
3.3.4.1.4	<i>Mapa dos fatores e mapa final de vulnerabilidade social de 2000, 2010 e 2018 para diferentes propostas metodológicas</i>	74
3.4	CENÁRIO DE RISCO DE DESASTRE POR INUNDAÇÃO – ANO 2000, 2010 E 2018	88
3.5	VALIDAÇÃO DA ACURÁCIA DOS MAPEAMENTOS	90
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	94
4.1	INUNDAÇÕES REGISTRADAS EM GOVERNADOR VALADARES	94
4.2	PERIGO DE INUNDAÇÃO	107
4.3	ÁREAS URBANIZADAS PARA OS ANOS DE 2003, 2012 E 2018	114
4.4	VULNERABILIDADE SOCIAL	121
4.5	COMPREENDENDO OS CENÁRIOS TEMPORAIS DE RISCO DE DESASTRE POR INUNDAÇÃO	145
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	156
	<b>REFERÊNCIAS</b>	161
	<b>APÊNDICE A</b> – Mapas para as diferentes propostas metodológicas	178
	<b>APÊNDICE B</b> – Respondendo as indagações desta pesquisa	184

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O aumento populacional requer alterações constantes nas características físicas e ambientais das cidades para atender às demandas dessa ocupação. Entretanto, algumas ocupações ocorrem de forma desordenada e em áreas impróprias para moradia, resultando em graves problemas, que, eventualmente, se convertem em riscos de desastres.

Considerando a dinâmica ocupacional da área urbana e os eventos climáticos extremos, principalmente no que tange à precipitação, algumas cidades apresentam ocorrências de riscos de diferentes magnitudes, que, ou não previstos ou não devidamente respondidos, se concretizam em desastres, causando perdas e danos materiais e, por vezes, óbitos. Segundo estudos de Camarinha (2016) e do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (RIBEIRO; SANTOS, 2016), a região Sudeste do Brasil sofrerá o aumento de eventos extremos de precipitação. Para Marengo et al. (2007, p. 23), as “análises observacionais mostram que mesmo se não houver aumento da precipitação, ou até diminuição do total anual, as chuvas serão mais intensas nos estados do Sul e Sudeste”. Com esse cenário de aumento de eventos extremos de precipitação, as cidades estão mais vulneráveis aos riscos de desastres, principalmente os relacionados a deslizamento de massa úmida, inundação e alagamentos.

Um dos desastres mais frequentes no Brasil, que vem gerando alto quantitativo de perdas e danos, são os relacionados às inundações e enxurradas. De acordo com Sausen e Narvaes (2015, p. 119), “as inundações representam quase 55% de todos os tipos de desastres registrados e [...] aproximadamente 72,5% do total de perdas econômicas ao redor do mundo”. As inundações ocorrem tanto em áreas rurais quanto urbanas, mas essas especificamente, em decorrência do mau uso do solo, do crescimento célere, da alta taxa de impermeabilidade e da formação de áreas de risco, tornam-se as localidades que registram os maiores problemas decorrentes das inundações (HOFFMANN; MENDONÇA; GOUDARD, 2014).

Diante dos sérios problemas gerados pelos desastres relacionados às inundações, a gestão de riscos de desastres nasce com intuito de minimizar suas consequências (HOFFMANN; MENDONÇA; GOUDARD, 2014), que, segundo o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, “consiste na adoção de medidas para reduzir os danos e prejuízos ocasionados por desastres, antes que estes ocorram” (CEPED/UFRGS, 2016, p. 17).

A gestão de riscos de desastre é um ciclo contínuo dividido em três momentos: prevenção, mitigação e preparação. Inicia-se com medidas relacionadas à prevenção, momento dedicado a ações destinadas à redução da intensidade dos desastres. Na fase da *prevenção*, ocorre a identificação, com o mapeamento dos riscos, dos perigos e das vulnerabilidades. Posteriormente, têm-se as ações relacionadas à *mitigação*, momento destinado à realização de medidas estruturais e não-estruturais para limitar os danos e prejuízos. Para fechar o ciclo, há a *preparação*, que consiste em medidas tomadas antecipadamente para alcançar uma resposta eficaz aos desastres, isto é, trata-se do momento em que são feitos planos de contingência, elaboração de rotas de fuga, simulações, monitoramento e alertas. Existem ainda as fases de resposta e recuperação, realizadas após a ocorrência do desastre (CEPED/UFRGS, 2016).

Considerando os mapeamentos elaborados na fase de prevenção de risco de desastre e algumas indagações após minha pesquisa de mestrado, intitulada *Metodologia para avaliação da vulnerabilidade socioambiental: estudo da cidade de Paracatu (MG)* (REZENDE, 2016), procura-se com esta tese contribuir metodologicamente para os estudos de risco de desastre, com foco em inundação. Para isso, utiliza-se cenários temporais, partindo de uma perspectiva que integra aspectos sociais e ambientais, considerando também a dinâmica temporal, pois almeja-se instigar outros estudos nessa temática e que essa metodologia possa ser reaplicada em outras cidades para servir de suporte na prevenção de risco de desastre.

Este estudo poderá contribuir para que os gestores e a população utilizem essas informações geográficas para conhecer e prevenir desastres, pois entende-se que é fundamental agir no presente e planejar o futuro para que as pessoas tenham mais segurança em suas residências e as cidades se tornem cada vez mais resilientes aos desastres, proporcionando qualidade de vida à população.

## 1.1 Problemática

As áreas urbanas são acometidas principalmente pela ocorrência de desastres por deslizamentos, inundações e alagamentos. Como a população mundial está mais concentrada nas cidades, estima-se que grande parte dos problemas, crises e questões a serem resolvidas pela humanidade tenha sua origem nas áreas densamente urbanizadas (ALMEIDA, 2011a).

Assim, as cidades são hoje o recorte espacial mais vulnerável a sofrer as consequências desastrosas caso ocorra uma inundação, que pode provocar inúmeras mortes, como também prejuízos econômicos, culturais e psicológicos, algumas vezes irreparáveis.

Diante disso, este estudo investiga a possibilidade de compreender a construção do risco de desastres por inundação numa perspectiva integrada e dinâmica, que considere diferentes cenários, relacionando passado, presente e futuro, a fim de predizer os danos que podem ocorrer caso o desastre aconteça. Para isso, é necessário, inicialmente, responder aos seguintes itens:

- Como desenvolver uma metodologia com base em cenários temporais capaz de auxiliar no entendimento da construção do risco de desastre por inundação?
- Como desenvolver mapeamentos de vulnerabilidade social cuja espacialização abranja o espaço geográfico contínuo e não apenas considere o limite do setor censitário?
- Em relação aos componentes do risco de desastre por inundação, quais variáveis interferem no aumento ou diminuição ao longo do tempo?
- Como o geoprocessamento pode contribuir para a compreensão do risco de desastre por inundação no passado, presente e futuro?

Diante desses questionamentos, a hipótese levantada para esta pesquisa é a seguinte: é possível compreender, a partir de cenários temporais, que o risco de desastre por inundação em áreas urbanas é uma “construção social” (VEYRET, 2013, p. 23) que se intensifica temporalmente.

## 1.2 Justificativa da pesquisa

Desde a realização do mestrado, no período de 2014 a 2015, venho me interessando por temas referentes a vulnerabilidade e risco de desastre em áreas urbanas, que se relacionam diretamente com a geotecnologia, área da Geografia que escolhi para atuar.

Comecei o doutorado em 2016 e após diversas leituras e cursar as disciplinas oferecidas pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) muitas ideias para pesquisar no período do doutorado surgiram.

No ano de 2017, realizei um estágio de pesquisa no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), em São José dos Campos (SP), por quatro meses. Durante esse período, houve muitas trocas de informações e, assim, várias ideias e possibilidades foram surgindo para a pesquisa do doutorado. Uma das indagações dos pesquisadores em nossas conversas era a ausência de uma metodologia que avaliasse o risco de desastres de uma forma dinâmica, e não apenas estática. Isso porque, quando se pensa nas cidades, em decorrência de sua dinâmica (formas de ocupação, número populacional, ambiente natural etc.), uma área mapeada com risco médio em 2010 pode não estar mais

nesse grau de risco no ano de 2011, por exemplo, podendo o risco ter mudado de classificação (risco médio ou alto, por exemplo). A questão pendente era como elaborar uma metodologia que pudesse considerar essa dinâmica temporal e não apenas analisar o desastre ocorrido.

Considerando todo o exposto acima a ideia da tese se concretizou em elaborar diferentes metodologias para análise de risco de desastres por inundação, considerando distintos cenários temporais, no intuito de avançar e contribuir com os estudos relacionados à temática de riscos de desastres por inundação, procurando compreender até que ponto esse risco é uma “construção social”, conforme apontado por Veyret (2013). Nesse ínterim, houve também a definição da área de estudo, e optou-se por aplicar a metodologia na cidade de Governador Valadares (MG).

Portanto, a escolha desse tema, risco de desastre por inundação, aplicado na cidade de Governador Valadares (MG), justifica-se pelo caráter inédito da abordagem, pois prevê a integração entre a análise do perigo, o levantamento das áreas urbanizadas e a vulnerabilidade social a que está sujeita o morador dessa cidade, com base em análise de diferentes anos. Além disso, os mapeamentos e análises realizadas nesta pesquisa poderão de alguma forma contribuir para o melhoramento do gerenciamento das áreas de risco identificadas na cidade.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo geral foi entender, por meio de metodologias baseadas em três cenários temporais (2000, 2010 e 2018), a construção do risco de desastre por inundação, considerando elementos geográficos, sociais e ambientais, que variam no tempo e no espaço, tendo como área de estudo a cidade de Governador Valadares (MG).

Para atingir o objetivo proposto, foi necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

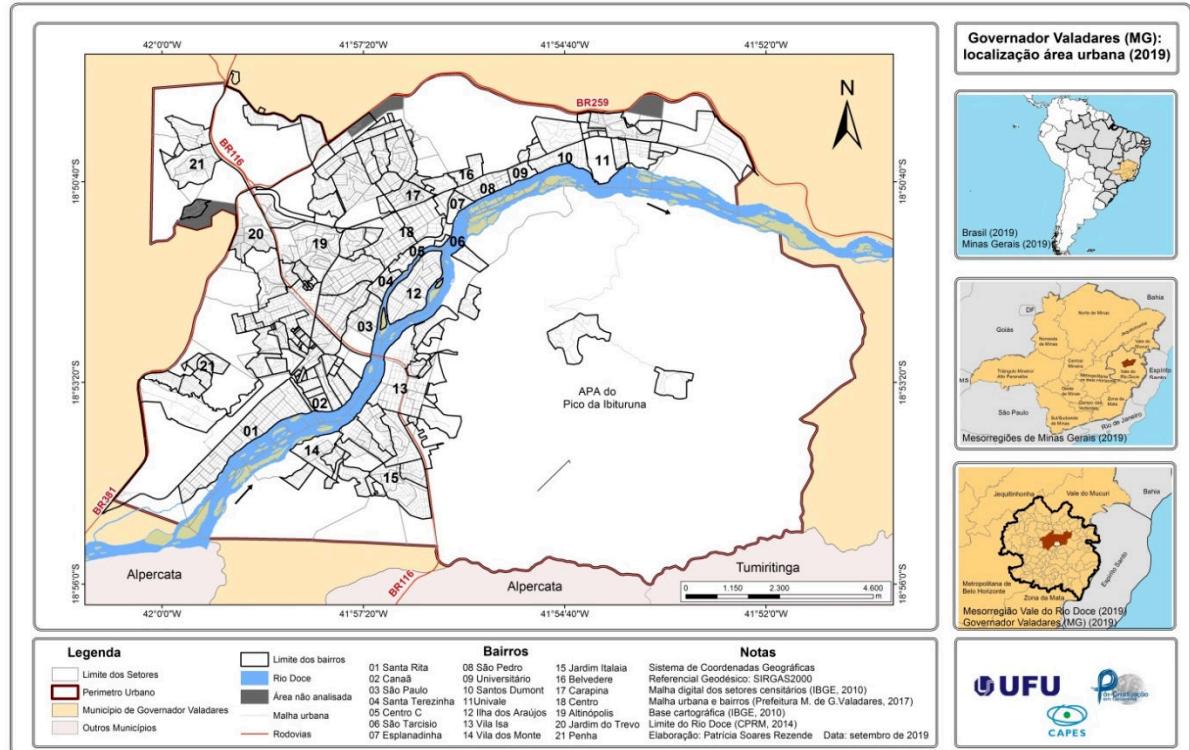
- a) elaborar mapeamentos de perigo de inundação, considerando a suscetibilidade e a probabilidade de recorrência de inundações;
- b) elaborar mapeamentos de áreas construídas, buscando avaliar a exposição ao perigo de inundação;
- c) elaborar propostas metodológicas para análise de vulnerabilidade social a partir de técnicas estatísticas, de geoprocessamento e geoestatística;
- d) elaborar cenários temporais para os anos de 2000, 2010 e 2018, para análise de risco de desastre por inundação;

- e) avaliar empiricamente e estatisticamente o resultado das propostas metodológicas, da vulnerabilidade social e dos cenários de risco de desastre por inundação do ano de 2018;
- f) analisar a partir dos cenários temporais a construção do risco de desastre por inundação ao longo do tempo.

#### 1.4 Área de estudo

A área escolhida para essa pesquisa foi a cidade de Governador Valadares (Figura 1) localizada no Brasil, no território de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Rio Doce, na Bacia Hidrográfica do Rio Doce, e a área urbana concentra-se às margens do Rio Doce. Sua escolha se justifica pelo fato dessa cidade sofrer inundações recorrentes desde o ano de 1979, por apresentar uma base de dados georreferenciados, necessários para aplicação da proposta metodológica desta pesquisa, e porque ainda não há estudos de riscos de desastres conforme proposto neste trabalho.

FIGURA 1 – Mapa com a localização da área urbana de Governador Valadares (2019)



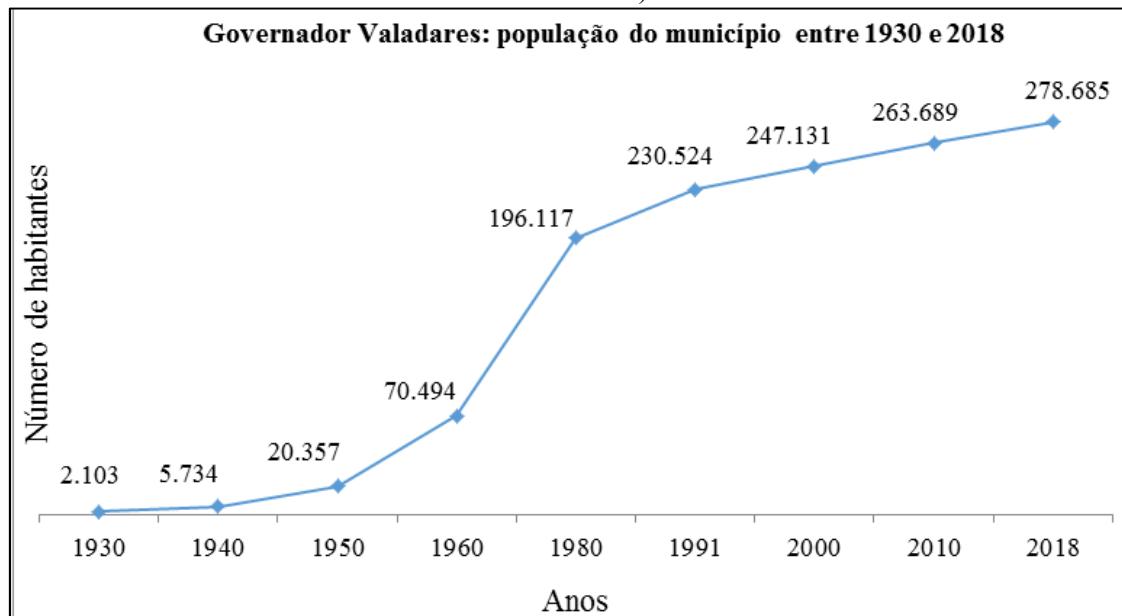
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A área urbana tem como limite os municípios de Alpercata e Tumiritinga, e o acesso rodoviário é definido pelas rodovias BR-116 (sentido Rio de Janeiro), BR-381 (sentido Belo Horizonte) e BR-259 (sentido Brasília). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística (IBGE, 2017), o município de Governador Valadares tem uma área de 2.342,325 km<sup>2</sup>, e em 2010 tinha uma densidade demográfica de 112,58 habitantes por km<sup>2</sup>.

Em relação à população (Figura 2), os dados mostram que em 1930 o município contava com uma população de apenas 2.103 habitantes; nas décadas seguintes ocorreu grande aumento populacional, principalmente até a década de 1990. A partir dessa década a população continuou crescendo, mas não nas mesmas taxas das décadas anteriores. Em estimativa realizada em julho de 2018 pelo IBGE, Governador Valadares apresentava uma população de 278.685 habitantes (ESPÍNDOLA, 1998; IBGE, 2019).

FIGURA 2 – Crescimento populacional do município de Governador Valadares (1930 a 2018)



Fonte: IBGE (2019), Governador Valadares (2015a), Espíndola (1998).

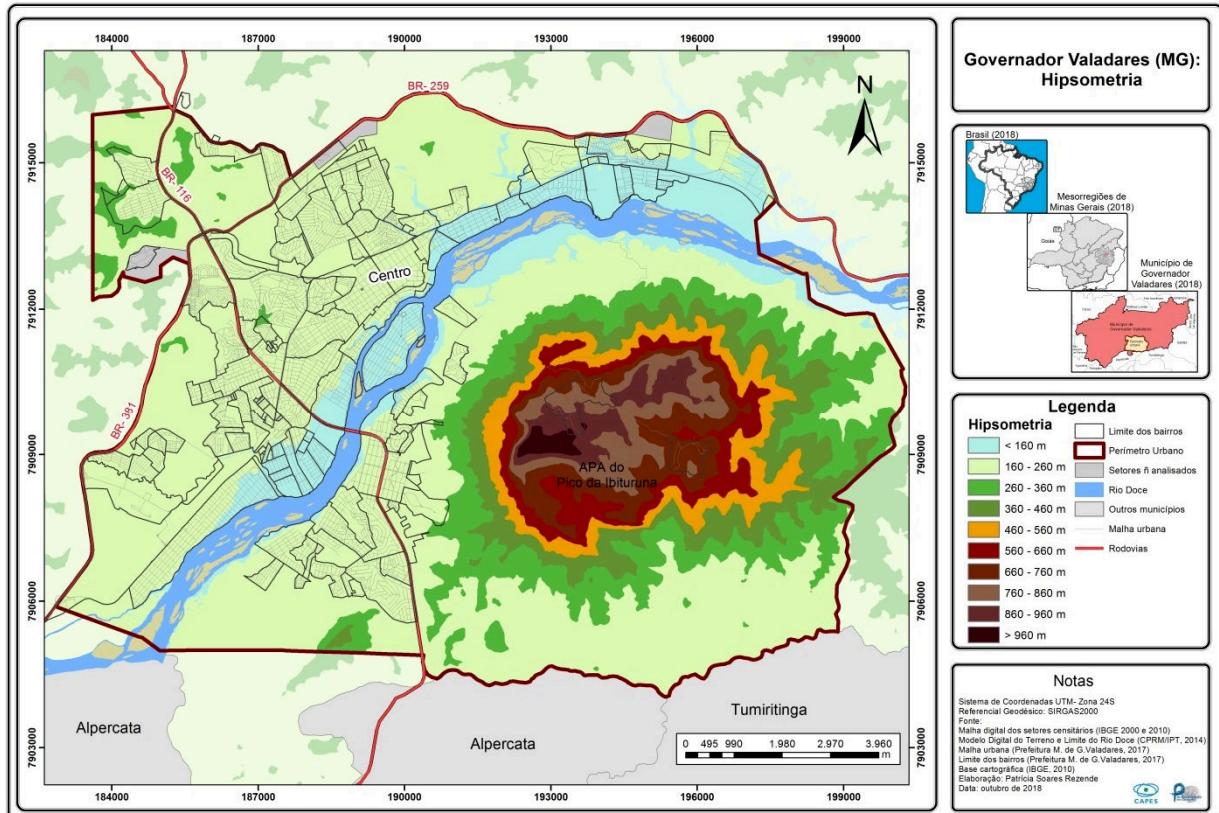
Segundo Espíndola (1998), o crescimento populacional de Governador Valadares está relacionado com a fertilidade das terras que eram desmatadas para plantação de pastagens e agricultura, a facilidade de aquisição das terras, o estabelecimento de posse e a existência de riquezas naturais de fácil exploração, com destaque para a madeira, a mica e as pedras preciosas e semipreciosas.

Espíndola (1998) comenta ainda que Governador Valadares foi auxiliada pelo crescimento da economia e pela expansão demográfica regional, tornando-se polo de beneficiamento e distribuição dos produtos da região (mica, pedras semipreciosas, madeira, couros, cereais, gado etc.), destacando-se também como um importante centro de pecuária de

engorda e centro de abastecimento e consumo, operando a distribuição de produtos nacionais e importados.

Considerando que o tema de estudo desta tese é a inundação, é fundamental entender os aspectos físicos relacionados diretamente a inundação, como a hipsometria, declividade e tipos de solos. Com relação à hipsometria, a área urbana apresenta uma altitude mínima de 139 metros e máxima de 1.105 metros (Figura 3).

FIGURA 3 – Mapa de hipsometria da área urbana de Governador Valadares (2018)



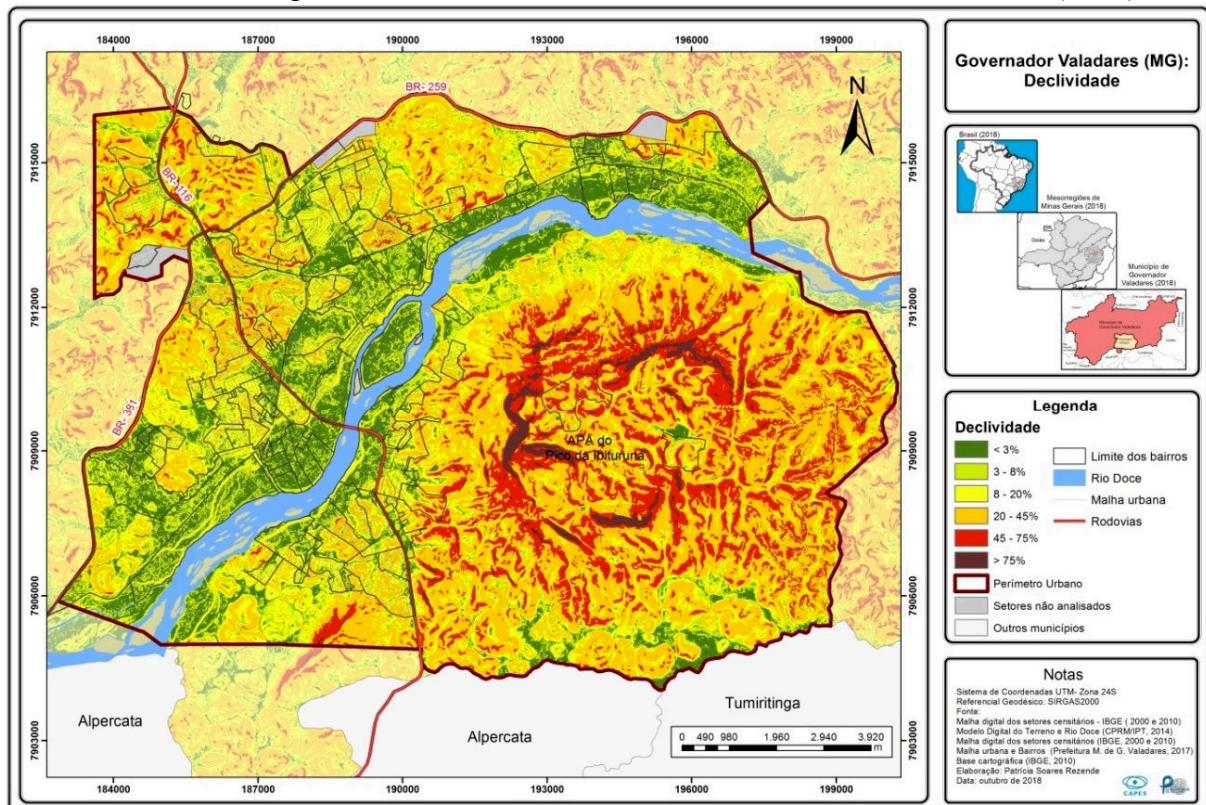
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando o mapa da Figura 3, a altitude mais representativa na área urbanizada está no intervalo de 160 a 260 metros, com percentual de 50,66% do total da área da cidade. Já as altitudes, que variam de 260 a 960 metros, compreendem um percentual de 34,20% da área e estão localizadas principalmente na Área de Proteção Ambiental (APA) do Pico da Ibituruna. Por fim, a classe de maior altitude (> 960 metros), também na APA, localiza-se a sudeste da área urbana, e representa apenas 0,91% do perímetro analisado.

A classe hipsométrica que apresenta maior correlação com a inundação está nas altitudes menores que 160 metros, localizada nas margens do Rio Doce, com um percentual de 14,23% da área urbana.

Além da hipsometria, outro fator que apresenta forte correlação com a inundação é a declividade (Figura 4), pois essa variável está associada ao maior ou menor potencial de escoamento da água em direção ao curso d'água principal (Rio Doce). A declividade foi classificada considerando os valores propostos pela Embrapa (1979), que utiliza seis classes para definição do relevo.

FIGURA 4 – Mapa de declividade da área urbana de Governador Valadares (2018)



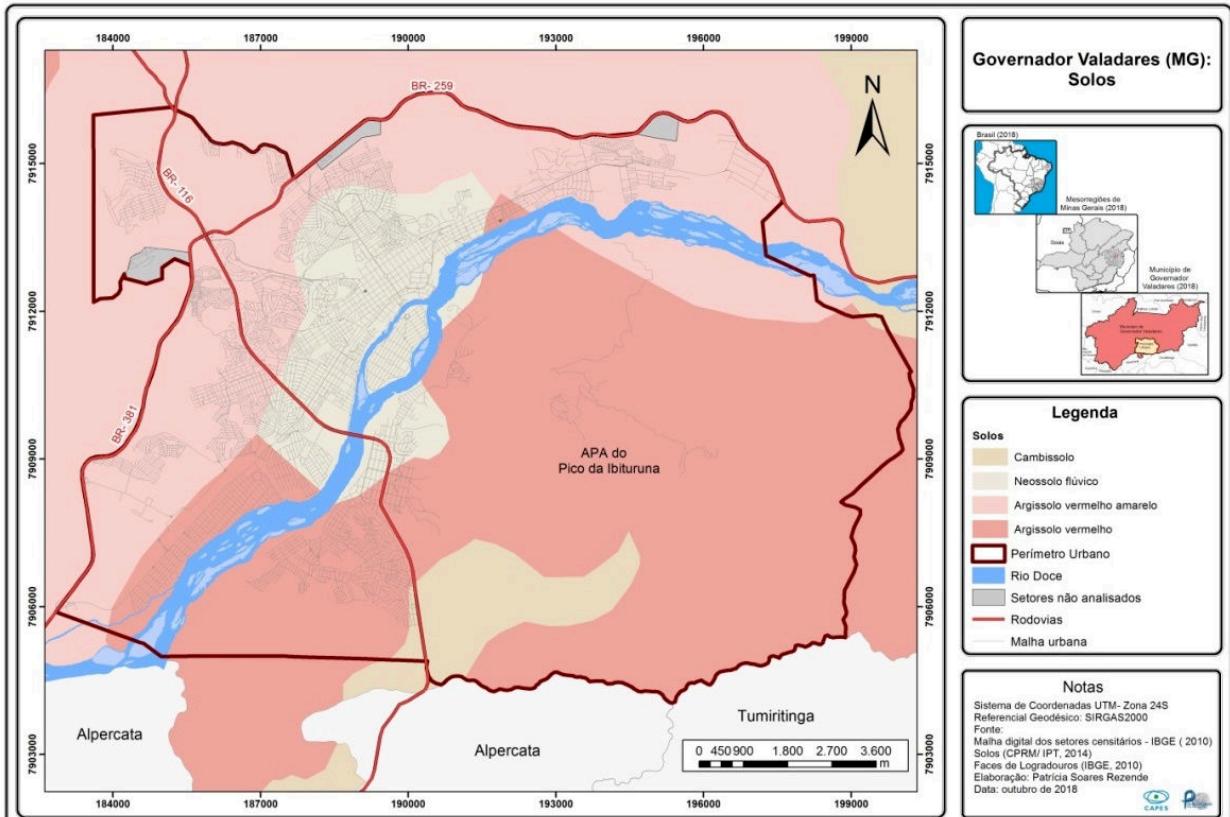
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

O relevo plano, com declividades menores (< 3%), ocupa 16,48% da área urbana e está localizado principalmente na margem esquerda do Rio Doce, locais estes mais suscetíveis a ocorrência de inundação. Na sequência, apresenta relevo suave-ondulado a ondulado, com declividade entre 3% a 20% e ocupa 34,72% da área de estudo. Posteriormente, há o relevo forte-ondulado a montanhoso, com declividades de 20% a 75% e ocupa 47,32% da área, localizado ao norte, sudeste e noroeste, normalmente locais considerados inadequados à ocupação urbana. Por fim, o relevo considerado “escarpado” com declividades (> 75%) encontra-se principalmente a sudeste da área de estudo na APA do Pico da Ibituruna.

Com relação à urbanização da cidade de Governador Valadares, verifica-se que ocorre principalmente nas áreas com declividade menor que 20%. Já as áreas com declividade de 20 a 45% estão ocupadas em sua maioria por bairros periféricos e em alguns locais apresentam

suscetibilidade a deslizamento. Além da hipsometria e declividade, outro elemento que apresenta relação direta com inundação é a pedologia (Figura 5).

FIGURA 5 – Mapa de solos da área urbana de Governador Valadares (2018)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A classe com maior representatividade na área é o solo podzólico vermelho-escuro (argissolo vermelho), com um percentual de 52,54% da área, são de “rasos a profundos e bem a moderadamente drenados” (AMARAL et al., 2004, p. 61). Na sequência, o podzólico vermelho-amarelo (argissolo vermelho-amarelo), com 30,67%, é “profundo a pouco profundo, bem a moderadamente drenado, ocorrendo ocasionalmente solo raso, com transição abrupta e argila de atividade alta” (AMARAL et al., 2004, p. 60).

O solo litossolo (neossolo flúvico), com 12,27%, é pouco desenvolvido, raso, baixa retenção de água, apresentando suscetibilidade alta a inundação. Por fim, o cambissolo, com 4,52%, apresenta pouca profundidade, “mal a acentuadamente drenado, apresentando em muitos casos fase cascalhenta, pedregosa e/ou rochosa” (AMARAL et al., 2004, p. 64).

Percebe-se que a pedologia de Governador Valadares é suscetível a inundação, pois tem os solos mal drenados, e ao ficarem saturados contribuem para o aumento da lâmina d’água. Por outro lado, quando os solos são bem drenados, ou seja, quando não ocorre a saturação de água, mesmo assim estes solos contribuem para o aumento do escoamento

superficial, uma vez que não conseguem reter toda a água da chuva, escoada em direção ao curso d'água principal (Rio Doce).

Diante dos fatores analisados acima (hypsometria, declividade e solos), suas fragilidades e a frequência de ocorrência de inundação na área de estudo, entende-se que tais variáveis precisam ser levadas em consideração quando é feito o planejamento urbano, principalmente em relação à criação de novos loteamentos.

A seção “Referencial conceitual” apresenta a discussão teórica sobre conceitos importantes para o entendimento do risco de desastre por inundação, como vulnerabilidade social, perigo, inundação e tipos de mapeamento utilizados para análise desse risco, além do próprio entendimento sobre risco de desastre por inundação.

Em “Procedimentos metodológicos”, utiliza-se a compatibilização dos setores censitários para tornar possível a comparação entre os cenários de risco de desastre por inundação em diferentes anos. Em seguida, apresenta a metodologia do mapeamento de perigo por inundação, elaborado a partir de álgebra de mapas, pela técnica de multiplicação, considerando a suscetibilidade e o período de retorno da vazão. Na sequência, os procedimentos para elaboração do mapa de áreas urbanizadas, elaborado a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. O próximo subitem apresenta a vulnerabilidade social, considerada a partir de cálculos matemáticos, técnicas estatísticas, ferramentas de geoprocessamento e geoestatística. Com todos os mapas elaborados, o último procedimento metodológico foi o mapeamento de risco de desastre por inundação para diferentes anos, feito a partir de álgebra de mapas. Essa seção apresenta também as técnicas utilizadas para validação da proposta metodológica.

A seção seguinte, “Resultados e discussões”, expõe os resultados referentes as inundações ocorridas em 1979, 1997, 2005 e 2012, o perigo de inundação, às áreas urbanizadas, à vulnerabilidade social e os cenários de risco de desastre por inundação para os anos de 2000, 2010 e 2018.

Nas “Considerações finais”, aponta-se as principais contribuições, limitações e sugestões desta pesquisa para futuros estudos relacionados ao tema abordado.

## 2 REFERENCIAL CONCEITUAL

Para compreender os riscos de desastres por inundação, é necessário recorrer a alguns pesquisadores, pois o entendimento teórico oferece condições de refletir e avançar nas discussões sobre o assunto. Risco de desastre é um tema que vem gerando grande preocupação em diversas áreas do conhecimento, em decorrência do aumento de registros de casos, principalmente relacionados a inundações.

Durante muito tempo acreditou-se que o Brasil não fosse suscetível a desastres. Essa noção de segurança fez com que os estudos de riscos não fossem priorizados; por vezes, eram considerados desnecessários nas diversas áreas do conhecimento e pela sociedade. Mas os trágicos acontecimentos da última década acabaram revertendo esse entendimento, e atualmente o termo “risco” está presente em estudos de diversos campos (CARVALHO; DAMACENA, 2013).

O termo “risco” foi entendido pela Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (ONU, 2009, p. 25, tradução minha) como a “combinação da probabilidade de um evento e suas consequências negativas”. Tominaga, Santoro e Amaral (2009) nos dizem que o risco pode ser calculado e é formado pela presença do perigo, da vulnerabilidade e do dano potencial. Almeida (2011a), Veyret (2013) e Smith et al. (2016) acrescentam ainda que o risco é uma construção social, depende da percepção humana e só existe se tiver pessoas ou bens vulneráveis a um determinado perigo.

Veyret (2013, p. 12) afirma que só existe risco se existir população que o perceba e que possa sofrer seus danos. Corroborando com Veyret, Rebelo (2010, p. 32) sustenta que “se o homem não estiver presente, considera-se com frequência, que não é legítimo falar de risco. É que, para haver risco, diz-se, é preciso que haja vulnerabilidade”. Ainda para esse autor, risco exige a presença da vulnerabilidade, ou seja, a presença humana; quanto maior a vulnerabilidade, maior será o risco.

De acordo com o Ceped/UFSC (2012a), deve-se considerar que os riscos não são objetos, não são estáveis nem fixos, dependem da existência humana e são um processo que sofre modificações ao longo do tempo, sendo agravados, reduzidos ou eliminados. Considerando que os riscos não são estáticos, ressalta-se que as transformações do espaço urbano e rural criam novos riscos e podem ainda aumentar os preexistentes (NUNES, 2015).

Para Zanella e Olímpio (2014, p. 118), o risco é entendido como uma situação do futuro, decorrente da probabilidade de um evento perigoso atuar sobre uma população

vulnerável, acarretando perdas materiais e imateriais: “[o] risco sempre será humano, pois somente se forma quando pode atuar sobre uma sociedade vulnerável”.

Segundo Macedo et al. (2015) e Trajber, Olivato e Marchezine ([200-]), o risco precede o desastre, é algo que ainda não foi concretizado, e quanto a sua representação espacial, pode abarcar áreas relativamente grandes, enquanto o desastre é o risco concretizado, ocorre geralmente de forma mais localizada e abrange áreas menores. Para Marandola Júnior e Hogan (2004, p. 103), “não há perigo sem risco, nem risco sem perigo. A existência de um perigo potencial tem embutido um risco, enquanto um risco só existe a partir de um fenômeno, seja potencial ou consumado”.

Logo, entende-se que o termo “risco” é utilizado para referir uma situação futura, suscetível a incertezas e insegurança (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2004). Assim, “os riscos indicam um futuro que precisa ser evitado” (BECK, 2011, p. 40). Já o desastre é entendido como um evento que tem potencial de desestabilizar um sistema, fazendo com que este perca a capacidade de operacionalizar e assimilar de forma rápida determinado evento adverso (CARVALHO; DAMACENA, 2013).

Para o Emergency Disasters Data Base (EM-DAT)<sup>1</sup>, desastre é uma situação ou evento que sobrecarrega a capacidade local e exige assistência externa em nível nacional ou internacional, um evento imprevisto e muitas vezes repentino que causa grandes danos, destruição e sofrimento humano. Conforme apontado pelo EM-DAT, Para um desastre ser computado em sua base de dados, é necessário que ocorra um ou mais critérios: que tenha dez ou mais vítimas fatais; cem ou mais pessoas afetadas; que tenha a declaração de estado de emergência; e/ou pedido de assistência internacional.

Dessa forma, entende-se que o risco de desastre é dinâmico, trata-se de um processo, depende da sobreposição dos três elementos (perigo, exposição e vulnerabilidade) (Figura 6), e está em constante modificação, principalmente em decorrência das condições da vulnerabilidade. Ele não afeta os moradores de uma cidade da mesma forma, uma vez que a capacidade de enfrentamento e de superação varia conforme fatores sociais, econômicos, políticos e psicológicos (DUARTE; MARGARIDA; NASCIMENTO, 2008; MEDEIROS, 2018).

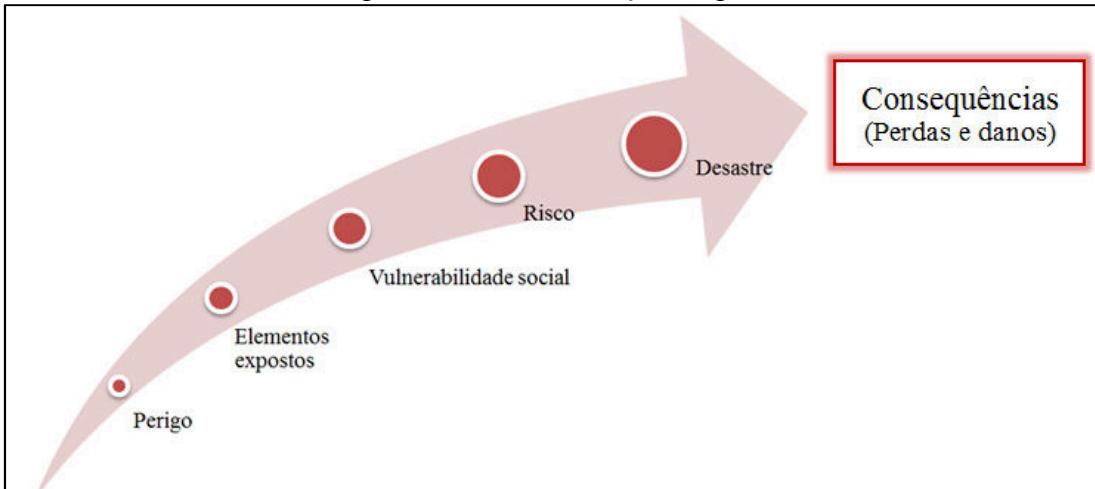
Smith et al. (2016) observam ainda que não se pode considerar os desastres como algo meramente natural, pois entende-se que são uma construção social com base na existência de

---

<sup>1</sup> Emergency Disasters Data Base (EM-DAT) é uma base de dados de desastres mundiais, desenvolvida e administrada pelo Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (Cred), que contém dados desde 1900 até atualmente. Maiores informações disponíveis em: <https://www.emdat.be/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

eventos físicos potencialmente danosos, condicionados pela sociedade, pelas decisões, prioridades e necessidades, ou seja, são resultado da escolha humana, trata-se de um processo (Figura 6); os eventos são naturais, mas os desastres não podem ser assim considerados.

FIGURA 6 – Componentes da formulação do processo de risco de desastre



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

O risco não apresenta o mesmo resultado negativo (perdas e danos), pois depende do tipo de perigo, da vulnerabilidade existente no local e da percepção de cada pessoa, ou seja, não se trata de uma espacialização homogênea, sua diferenciação depende de vários fatores. Assim, é importante que sua análise seja feita “para cada um dos tipos de desastres que podem ocorrer em uma determinada localidade”, isto é, não é indicado que seja realizada uma metodologia para os diferentes riscos, pois cada perigo necessita de diagnósticos e variáveis específicas para seu entendimento (CEPED/UFRGS, 2016, p. 40)

Considerando a Figura 6, para compreender o risco de desastres é necessário entender os elementos que compõem sua formulação. O primeiro componente da fórmula do risco de desastre refere-se à *ameaça e/ou perigo*.

Na literatura sobre o tema, a definição de “ameaça” e “perigo”, parece ainda incerta, confusa, e gera inúmeras indagações, pois alguns estudos utilizam os termos “ameaça”, e “perigo” no mesmo sentido. Diante dessa incerteza conceitual, Castro (1999, p. 31) observa que “em alguns compêndios mais antigos, traduzidos diretamente da língua inglesa, o termo ameaça pode estar substituído por perigo”. Saito, Soriano e Londe (2015) diz que diante dessa dificuldade em diferenciar os termos “ameaça” e “perigo”, e por mais que as pesquisas acadêmicas adotem o termo “perigo”, observaram que no Brasil, no meio técnico, em específico na Defesa Civil, adota-se o termo “ameaça”. Ao participar de grupos de debates e

eventos nessa área, verifiquei que o termo mais usado é “perigo”. Diante desse conflito conceitual, esta pesquisa adotará os termos “ameaça” e “perigo” como equivalentes.

Considera-se perigo “um fenômeno, substância, atividade humana perigosa ou condição que pode causar perda de vida, ferimentos ou outros impactos sobre a saúde, danos materiais, perda de meios de subsistência e serviços, ruptura social, económica ou danos ambientais” (ONU, 2009, p. 17, tradução minha). Para o Ceped/UFRGS (2016, p. 109), perigo é uma “situação que tem potencial para causar consequências indesejáveis, e para a qual é possível fazer uma estimativa de intervalos de tempo de ocorrência”.

Verifica-se, por outro lado, que algumas pesquisas apresentam risco e perigo como sinônimos. Trata-se de um erro conceitual, pois como já dito, o risco é entendido como a probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente danoso, já o perigo é o evento que causa prejuízos, é uma fonte potencial de dano, logo, antecede o risco (MEDEIROS, 2018).

Para o entendimento do perigo, é necessário conhecer a probabilidade de ocorrência do desastre. Em estudos de inundação é frequente o uso do tempo de recorrência, também denominado período de retorno.

O tempo de recorrência de uma precipitação (medido em anos) designa o intervalo de tempo médio em que este evento é igualado ou superado. É, também, o inverso da frequência anual com que a precipitação é igualada ou superada. Dessa forma, o tempo de recorrência está relacionado a uma altura máxima de chuva, que, por sua vez, determinará características específicas da inundação, tais como altura, área, velocidade e sua duração. (RIGHI, 2016, p. 24)

Na literatura foi verificado que os períodos de retorno mais utilizados para os estudos de perigo por inundação são 5, 10, 50 e 100 anos. De acordo com Miguez, Gregorio e Veról (2018), o Ministério das Cidades brasileiro definiu a utilização do tempo de recorrência de 25 anos para as obras de drenagem.

A escolha da inundação como foco desta pesquisa considera o conceito de perigo e a recomendação do Ceped/UFRGS (2016) de tratar metodologicamente cada perigo de forma individual. É válido argumentar que inundação, alagamento e enxurrada apresentam diferenças tanto conceituais como no processo (Figura 7). Desse modo, entende-se *inundação* como um “processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.” Já o *alagamento* “é o acúmulo momentâneo de águas em uma dada área por problemas no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial.” E, por fim, a *enxurrada* “é o escoamento

superficial concentrado e com alta energia de transporte, pode estar ou não associado a áreas de domínio dos processos fluviais.” (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007, p. 91-93).

FIGURA 7 – Representação da diferenciação entre uma enchente e uma inundação



Fonte: Cemaden (2016).

De acordo com Tucci (2002), a inundação ocorre devido a uma precipitação intensa na qual a água que chega até o rio é superior à capacidade que a calha normal suporta, tendo como resultado o transbordamento para as áreas marginais (Figura 7). Segundo Kobiyama et al. (2006), se o rio ficar cheio, mas não transbordar, tem-se uma enchente e não uma inundação.

A inundação pode ser brusca ou gradual. Considera-se inundação brusca quando o rio alcança uma declividade acentuada, o que pode provocar desabamento de casas, transporte de sedimentos e rompimento de infraestrutura; em decorrência da junção entre a velocidade e a lâmina d’água, a elevação da água ocorre de forma rápida. Já a inundação gradual, ocorre quando o rio é mais plano e a água ocupa a planície de forma mais lenta e previsível; ocupa uma área maior e escoa gradualmente; origina-se em bacias hidrográficas com maior extensão e é menos violenta que a brusca (MIGUEZ; GREGORIO; VERÓL, 2018; CASTRO, 2003).

A frequência de ocorrência de inundação nas cidades tem aumentado a cada ano, e uma das hipóteses para esse aumento pode estar relacionada com o aumento de ocupações nas planícies de inundação, causando o processo de impermeabilização do solo, fazendo com que a água da chuva escoa para o curso d’água, aumentando o nível deste e impedindo que ocorra infiltração no solo (KOBIYAMA et al., 2006). O aumento da ocorrência de inundação ocasiona prejuízos econômicos, doenças, interrupção de serviços de saúde, iluminação e mobilidade, além de mortes (MAZOTO, 2015, p. 17).

A evolução de perigo para desastre depende do grau de exposição da população, uma vez que a localização de comunidades em áreas suscetíveis a determinada ameaça está sujeita

a sofrer diferentes impactos caso ocorra um desastre (CEPED/UFRGS, 2016). Medeiros (2018) reforça ainda que a exposição é uma variável elementar para os estudos de risco, pois só há risco se algo ou alguém estiver exposto.

Smith et al. (2016) afirma que a exposição pode ser entendida como a localização das pessoas, bens, infraestrutura e tudo que pode sofrer as consequências danosas de um desastre. Uma das formas de diagnosticar a exposição é através do mapeamento do número de pessoas, tipo de edificações e uso do solo (MIGUEZ; GREGORIO; VERÓL, 2018; CASTRO, 2003).

Ressalte-se que exposição e vulnerabilidade andam juntas, representando a materialização das consequências negativas da concretização do perigo (MIGUEZ; GREGORIO; VERÓL, 2018; CASTRO, 2003). Assim, é necessário compreender o que significa vulnerabilidade, pois, segundo Kelman (2015), ela é o elemento principal para compreensão do risco de desastres. De acordo com Rodríguez Vignoli (2000), a vulnerabilidade é um conjunto de características demográficas dos domicílios, o que, numa sociedade moderna, implica manifestações de desvantagens sociais. A desvantagem social impossibilita que indivíduos ou grupos de pessoas tenham acesso a melhoria de vida ou condições de mobilidade social, isso dificulta e aumenta o tempo para se recuperarem de desastres.

Para Mendes (2015, p. 75), a “vulnerabilidade está associada ao grau de exposição aos riscos naturais e antrópicos. Este grau de exposição depende estreitamente da capacidade de resistência e de resiliência dos indivíduos e dos grupos mais afetados.” Quando se pensa em vulnerabilidade, a primeira ideia que vem à mente é a de “insegurança e sistemas de proteção” (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2009, p. 174).

A vulnerabilidade remete a noções para que o indivíduo tenha condições de lidar, antecipar, resistir e se recuperar dos impactos causados por um evento perigoso. Ela não é homogênea, não está limitada apenas às fragilidades sociais e à pobreza, mas inclui múltiplos temas, como gênero, raça, idade, renda, aspectos do ambiente construído e características da comunidade que interferem diretamente no risco de desastres (ALMEIDA, 2011). Uma comunidade apresenta variação da vulnerabilidade ao longo do tempo e do espaço (ONU, 2009). Isso requer estudos temporais de vulnerabilidade para o entendimento dessas variações.

A vulnerabilidade inclui quer elementos de exposição ao risco (as circunstâncias que colocam as pessoas e as localidades em risco perante um determinado perigo), quer de propensão (as circunstâncias que aumentam ou reduzem a capacidade da população, da infraestrutura ou dos sistemas físicos para responder a e recuperar de ameaças ambientais). (CUTTER, 2011, p. 60)

É fundamental discutir a questão da vulnerabilidade social objetivando entender que variáveis contribuíram para que determinada comunidade se tornasse vulnerável, e porque essas áreas são vulneráveis, considerando que falta de infraestrutura adequada e urbanização sem planejamento, quando combinadas, podem gerar ou potencializar as áreas de risco (GENSER, 2013). Conforme afirmam Ndah e Odihi (2017), a vulnerabilidade social não tem apresentado diminuição significativa, ao passo que a exposição das pessoas e bens ao perigo tem aumentando de forma muito rápida.

Diante das circunstâncias que aumentam ou diminuem a vulnerabilidade, Marandola Júnior e Hogan (2006, 2009) sugerem que para realizar os estudos de vulnerabilidade é importante realizar a pergunta inicial: vulnerabilidade a quê? Para responder essa pergunta, a seleção das variáveis deve ser feita de forma criteriosa, com intuito de identificar as características que tornam a população mais ou menos vulnerável a determinado perigo. Assim, esta tese busca identificar a vulnerabilidade social a inundações.

Para Nunes (2015, p. 15-16), quando ocorre um desastre as desigualdades sociais são um fator preponderante, uma vez que os lugares não são ocupados da mesma forma, as pessoas não possuem o mesmo grau de informação e ideia de como agir e a quem recorrer nesses momentos de desordem da vida cotidiana. As “características intrínsecas dos centros urbanos, como concentração populacional e de aparatos, mobilidade e crescimento desiguais, também concorrem para o aumento das catástrofes naturais e da vulnerabilidade da população”.

É importante notar que alguns grupos de pessoas são mais propensos a sofrer os efeitos do desastre do que outros, variação condicionada pela ocupação do espaço geográfico, etnia, condições econômicas, deficiência física e mental, mobilidade, idade, entre outros fatores. Essa diferença na vulnerabilidade é percebida também no momento de lidar com as consequências do desastre, pois uma família com maior renda, mais informação sobre perigos, acesso a rede social, seguro residencial e reserva de dinheiro tem mais condições de lidar com o risco do que uma família em vulnerabilidade social, que levará muito mais tempo para voltar à situação anterior ao desastre (WISNER et al., 2003).

Nesse contexto, convém entender a vulnerabilidade social como um processo dinâmico, a fim de avaliar o passado, o presente e pensar o futuro. A cada dia, novos dados de vulnerabilidade social são necessários para a compreensão dos espaços de risco de desastre, para auxiliar os gestores na redução de riscos e vulnerabilidades e proporcionar às comunidades mais conhecimento sobre o ambiente que ocupam antes que o risco se concretize em desastre (BIRKMANN, 2006).

Pelo apresentado até aqui, entende-se que é necessário haver elementos sobrepostos para a ocorrência do desastre. Se há vulnerabilidade, mas não existe perigo, não ocorrem desastres. Se há perigo, mas não existe vulnerabilidade, o risco não existe. Se o risco se materializa, mas não ocorrem perdas e danos, não existiu desastre. Por exemplo, se uma chuva forte cai em uma área urbanizada, há risco de alagamento, inundação e/ou deslizamento, pois existem elementos expostos. Se a mesma chuva cair no meio do oceano, não representa risco algum, pois não existe presença do elemento exposto. Contudo, se essa chuva ocorre numa área urbanizada e teve perdas e danos, teve como resultado o desastre (CEPED/UFSC, 2011). Portanto, percebe-se que “um desastre sempre se origina de uma relação conflituosa entre homem e a natureza” (GOERL; KOBIYAMA; PELLERIN, 2012, p. 84).

Para a compreensão do risco de desastres por inundação, são elaborados mapeamentos buscando uma representação das condições de risco, determinadas pela sobreposição do perigo e pelas vulnerabilidades da área exposta. Para realizar os mapeamentos é recorrente o uso de técnicas de geoprocessamento, com destaque para a modelagem.

A modelagem é a parte do processo analítico que propicia a descoberta, descrição e a predição dos fenômenos espaciais. [...] É uma sequência de afirmações algébricas que resultam na geração de uma nova informação através de operações em um ou mais mapas e/ou informações fornecidas como entrada. [...] Os modelos são formas simplificadas de representar a realidade. Por meio deles, tenta-se imitar ou reproduzir ocorrências do mundo real. Desta forma, pode-se trabalhar com informações existentes, fazer simulação e ainda extrair novas informações que servirão na tomada de decisão. (MEIRELLES; MOREIRA; CÂMARA, 2007, p. 111-113)

Muitas análises realizadas em SIG são feitas a partir da modelagem, pois é partir dessa técnica que novas informações são geradas, trata-se também de uma tentativa de representação da realidade e é importante para buscar as respostas sobre correlações e comportamentos de variáveis sociais e ambientais (MOURA, 2005).

Para realizar a modelagem do risco de desastre por inundação, é necessário inicialmente elaborar o mapa de suscetibilidade, considerando apenas os elementos físicos (geologia, declividade, pedologia, precipitação, relevo, entre outros), tendo em vista que as características físicas influenciam a deflagração do perigo.

A suscetibilidade (Figura 8) foi definida pelo Ceped/UFRGS (2016) como sendo a maior ou menor predisposição de ocorrência de um determinado processo na área analisada. Nesse momento, é feita análise dos fatores que contribuem para a deflagração do evento

(inundação, por exemplo); não são considerados os danos, a influência humana e o período de recorrência, mas apenas as características físicas da área.

FIGURA 8 – Exemplo de área com diferentes classes de suscetibilidade a inundação



Fonte: Ceped/UFRGS (2016, p. 30).

Com base nos resultados apresentados no mapeamento de suscetibilidade e com informações sobre a frequência de ocorrência do processo analisado (período de retorno), elabora-se o mapeamento de perigo de inundação, que representa “o potencial de ocorrência, em uma área ou região, de processos que podem ser causadores de desastres naturais” (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009, p. 153). O mapa de perigo é elaborado a partir da integração entre a suscetibilidade e a frequência e intensidade das chuvas. Este mapa deve ser elaborado para cada tipo de perigo. (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007; CEPED/UFRGS, 2016).

Além dos mapeamentos com abordagem ambiental, necessita-se do conhecimento da exposição e da vulnerabilidade presentes no recorte de análise. A exposição indicará as áreas da cidade que estão sujeitas a sofrer um evento adverso. Quanto maior o percentual de ocupação urbana e maior proximidade com os recursos hídricos, maior será a exposição ao perigo de inundação. A elaboração dos mapas de vulnerabilidade social considera as questões socioeconômicas dos indivíduos e sua exposição ao perigo (CEPED/UFRGS, 2016).

Chega-se, enfim, ao mapeamento de risco de desastres por inundação, elaborado considerando o seguinte: suscetibilidade do terreno ao perigo estudado; probabilidade temporal; elementos expostos (população, infraestrutura e atividades econômicas); vulnerabilidade dos elementos expostos ao perigo; danos associados ao desastre em potencial (CEPED/UFRGS, 2016, p. 123).

A partir do mapeamento de risco de desastres, é possível realizar ações preventivas, em vez de focar apenas nas ações pós-desastre (resposta e recuperação). O mapeamento é uma ferramenta que pode contribuir para reduzir os riscos de desastres nas áreas urbanas e rurais,

uma vez que informa a sociedade sobre a existência dos perigos, da vulnerabilidade e dos riscos que existem em seu território. Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), salientam que não é possível controlar o aumento de ocorrência de eventos de precipitação extrema, mas é possível criar medidas preventivas (principalmente conhecendo o território) e mitigadoras que reduzam os danos e o número de pessoas afetadas pelas inundações em áreas urbanas.

Encerro essa apresentação conceitual com as palavras de Ulrich Beck (2011, p. 28): “A fome pode ser saciada, necessidades podem ser satisfeitas, mas os riscos civilizatórios são um barril de necessidades sem fundo, interminável, infinito, autoproduzível”.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa propõe uma metodologia para a elaboração do cenário de risco de desastre por inundação, aplicado na cidade de Governador Valadares (MG), considerando informações dos anos de 2000, primeiro cenário, 2010, segundo cenário, e 2018, terceiro cenário.

A escolha dos anos de 2000 e 2010 justifica-se pela existência de dados do censo demográfico do IBGE. O ano de 2018 foi utilizado para validação metodológica e por ser o ano mais recente da data de conclusão desta pesquisa. Ressalta-se que a escolha temporal foi condicionada também pela existência de dados e pela possibilidade de novas análises considerando os dados do censo demográfico do ano de 2020, por exemplo.

#### 3.1 Materiais

Para a elaboração e o tratamento dos dados, optou-se pelo uso dos seguintes materiais:

##### a) *Softwares*

- IBM SPSS:<sup>2</sup> análise descritiva e multivariada das variáveis sociais;
- Google Earth-Pro:<sup>3</sup> exportação das imagens de alta resolução para mapeamento de uso do solo para os anos de 2003, 2012 e 2018;
- Gimp 2.8:<sup>4</sup> elaboração do mosaico das imagens do Google Earth-Pro;
- Qgis:<sup>5</sup> utilizado para os processamentos relacionados a geoprocessamento;
- ArcGis:<sup>6</sup> utilizado para elaboração do layout dos mapas.
- Excel:<sup>7</sup> cálculo das variáveis e projeção da vulnerabilidade; elaboração dos gráficos. Pode ser substituído por outro software de planilha eletrônica.
- GS+,<sup>8</sup> R (R Core Team, 2019) e pacote GeoR (Ribeiro Júnior e Diggle, 2001): análise geoestatística da vulnerabilidade social.

##### b) *Dados*

<sup>2</sup> IBM SPSS: licença do Laboratório de Estatística do Curso de Graduação em Estatística da UFU.

<sup>3</sup> Google Earth-Pro: Acesso livre pelo site: <http://www.google.com/earth/download/gep/agree.html>.

<sup>4</sup> Gimp 2.8: Software livre para edição de imagens. Detalhes de utilização do programa disponíveis em: [https://docs.gimp.org/2.8/pt\\_BR/gimp-introduction-whats-new.html](https://docs.gimp.org/2.8/pt_BR/gimp-introduction-whats-new.html).

<sup>5</sup> O QGIS: software livre de informação geográfica (SIG). Mais informações disponíveis em: <http://qgisbrasil.wordpress.com>.

<sup>6</sup> ArcGis: licença do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

<sup>7</sup> Excel: licença própria.

<sup>8</sup> GS+(2004x): licença própria do Professor Ednaldo Carvalho Guimarães. Software R e pacote GeoR software de acesso livre.

- Imagens de satélite do ano de 2003, 2012 e 2018 da área urbana de Governador Valadares, disponíveis no Google Earth-Pro, com resolução premium ( $4800 \times 2835$ );
- Vetores com áreas de suscetibilidade a inundação do município de Governador Valadares, disponibilizados pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) do Serviço Geológico do Brasil, ano de 2014;
- Arquivos vetoriais (hidrografia, geologia, solos) da área urbana de Governador Valadares disponibilizados pela CPRM;
- Modelo digital do terreno (MDT) da área urbana de Governador Valadares, disponibilizado pela CPRM, ano de 2014;
- Manchas de inundação da área urbana de Governador Valadares, por período de retorno de vazão, mapa com as cheias históricas e cotas de inundação da estação Governador Valadares-56850000, disponibilizadas pela CPRM, ano de 2004;
- Mapa cadastral e malha urbana de Governador Valadares, disponibilizados pela Prefeitura, ano de 2017;
- Mapa de zoneamento urbano de Governador Valadares, disponibilizado pela Prefeitura, ano de 2019;
- Histórico de ocorrência de desastres, disponibilizado pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID);
- Dados do Censo demográfico de Governador Valadares dos anos 2000 e 2010, disponibilizados pelo IBGE.

### **3.2 Trabalhos de campo**

A primeira visita à área urbana de Governador Valadares foi realizada no mês de abril de 2018, com objetivo de conhecer a área de estudo e aquisição de informações cartográficas junto a Prefeitura Municipal de Governador Valadares para elaboração dos mapeamentos.

O segundo trabalho de campo foi realizado no mês de setembro de 2019, para avaliar a acurácia dos mapeamentos; os mapas foram apresentados para a Defesa Civil e especialistas em geoprocessamento da Prefeitura de Governador Valadares; em seguida, houve visita a campo para conferência dos mapas para posterior validação estatística. Essa etapa será detalhada posteriormente.

### 3.3 Metodologia para elaboração dos cenários de risco de desastre por inundação

A ideia de trabalhar com cenários temporais de risco de desastres por inundação surgiu durante as disciplinas cursadas no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, nas conversas com os pesquisadores do Cemaden, na leitura da tese intitulada *Estudo das vulnerabilidades social e ambiental em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba-SP* (BORTOLETTO, 2017), que faz análise do ano de 2000 e 2010, e da tese desenvolvida por Pedro Ivo Mioni Camarinha (2016), intitulada *Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar*, na qual o autor apresenta cenários relacionados ao clima futuro (períodos 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100), mas não apresentou cenários de vulnerabilidade social para tempo futuro.

Considerando o exposto, a proposta apresentada nesta tese tem intuito de contribuir metodologicamente para os estudos de risco de desastre, como um passo inicial para que novas pesquisas sejam elaboradas a fim de avançar metodologicamente nos estudos de riscos de desastres.

Corroborando com a ideia desta tese, Nunes (2015, p. 108) afirma que o “desastre é um processo e não um momento”. Assim, a opção por analisar os diferentes cenários temporais propostos constitui uma das técnicas, aliada às ferramentas de geoprocessamento, que possibilita o entendimento do risco de desastre como um processo, tornando possível entender a dinâmica de construção desse risco ao longo do tempo.

A análise dos cenários é uma estratégia que possibilita entender como será o futuro, técnica que pode ser aplicada em diversas situações. A utilização de cenários é uma ferramenta importante, pois exige entender melhor o problema analisado. É possível ainda, a partir dos cenários, identificar quais variáveis estão contribuindo para que o perigo se transforme em desastre (SMITH et al., 2016).

Para Gregorio, Saito e Sausen (2015, p. 47), os cenários de risco de desastres são uma ferramenta útil para criar ações preventivas e servem de subsídio aos gestores urbanos para analisar a ocupação de novas áreas e monitorar áreas de risco, pois permite “simular situações capazes de provocar desastres e buscar entender os processos e danos que poderiam ocorrer tendo como base as simulações”.

Ao desenhar o caminho metodológico desta pesquisa, várias indagações surgiram: será que novas áreas de risco estão sendo criadas? As áreas de risco permaneceram ao longo do

tempo e são os mesmos locais? Tem havido diminuição das áreas de risco? Aumentou a população exposta? E a vulnerabilidade social?

Essas indagações só podiam ser respondidas a partir de uma análise temporal. Por isso, esta tese utilizou cenários temporais para entender a construção do risco de desastre por inundação, considerando as etapas apresentadas na Figura 9, detalhadas nos próximos tópicos.

FIGURA 9 – Etapas para a construção dos cenários de risco de desastre por inundação



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando as etapas apresentadas na Figura 9, o primeiro procedimento técnico foi a *compatibilização dos setores censitários*, conforme será apresentado a seguir, pois entende-

se que a base cartográfica deve apresentar os mesmos limites para fins de comparação entre anos, independentemente do método de espacialização a ser utilizado.

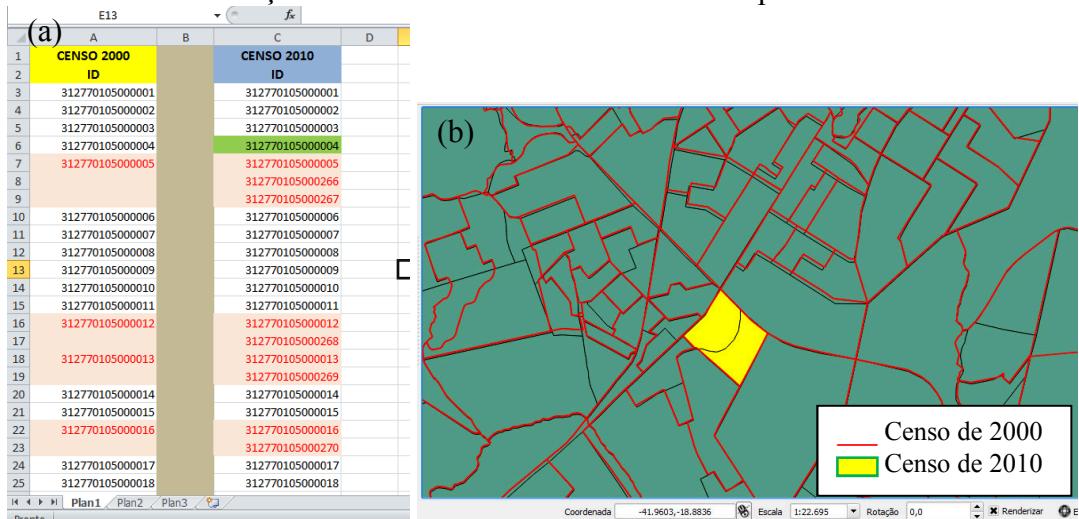
### 3.3.1 Compatibilização dos setores censitários

Quando se trabalha com censos demográficos de diferentes anos, e tendo necessidade de fazer comparação entre eles, é fundamental compatibilizar os setores censitários, para que os anos tenham a mesma representação geográfica. No intuito de solucionar essa diferença entre os setores, utiliza-se a compatibilização do setor censitário, feita com técnicas de geoprocessamento e uso de tabelas fornecidas pelo IBGE (2001, 2011), que contêm a trajetória dos setores ao longo dos censos. Essa trajetória é apresentada por códigos que indicam se o setor manteve a mesma forma ou se foi modificado (agregação ou desagregação).

Para compatibilizar os setores da área de estudo, adotou-se a metodologia de Dal'Asta e Amaral (2014), realizada nas seguintes etapas:

- 1) *Reprojecção* da malha dos setores de 2000 para o mesmo sistema de referência das malhas do Censo de 2010, que para a área de estudo adotou o Sirgas 2000 – Zona 24S;
- 2) *Intersecção* entre as malhas para verificar se o perímetro de cada setor tinha permanecido o mesmo nos diferentes cenários;
- 3) Com base no resultado da intersecção, elaborou-se uma planilha eletrônica (Figura 10) para verificar a situação dos setores. Constatou-se que alguns setores do ano de 2000 passaram por uma subdivisão para gerar novos setores em 2010.

FIGURA 10 – Demonstração da subdivisão dos setores de 2000 para formar o setor de 2010



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

4) Montagem da tabela em planilha eletrônica seguindo a metodologia de Dal'Asta e Amaral (2014) e planilhas de compatibilidade entre os setores do IBGE (2011), considerando os seguintes procedimentos:

Para montar a tabela, verificou-se as informações do setor censitário na tabela (Básico\_MG<sup>9</sup>) dos Censos de 2000 e 2010, para comparar com os dados que estão na tabela “Compara\_2010\_x\_2007\_x\_2000” disponibilizada pelo IBGE (Unidade de Federação, município, código do distrito, código do subdistrito e código do setor), conforme Figura 11.

FIGURA 11 – Tabela (Básico\_MG) dos Censos de 2000 e 2010 com as informações dos setores

Fonte: IBGE (2001, 2011).

Sabendo que os dados estão corretos em ambas as tabelas, utiliza-se a tabela (Básico\_MG) apenas com o código do setor censitário. Na sequência, procede-se algumas etapas para preenchimento da tabela de compatibilização (Figura 12) disponibilizada por Dal'Asta e Amaral (2014), na qual é feito a comparação dos setores de 2000 com os setores do levantamento populacional de 2007 (Figura 12b) e na sequência compara os setores de 2010 com os setores do levantamento populacional de 2007 (Figura 12c).

FIGURA 12 – Modelo de planilha (Compara\_GV) para compatibilização dos setores 2010/2007/2000

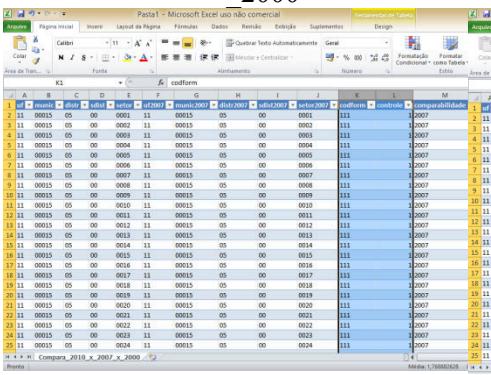
Fonte: Dal'Asta e Amaral (2014).

<sup>9</sup> A planilha “básico” é disponibilizada junto com os arquivos do censo demográfico para o ano de 2000 e 2010.

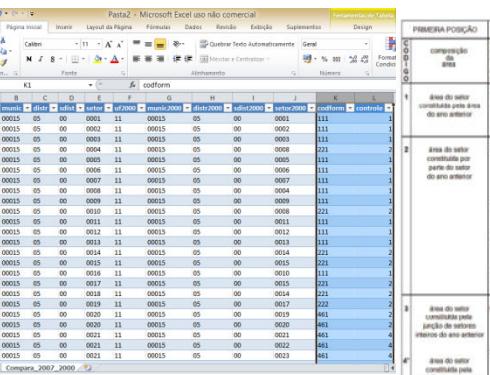
Para preenchimento da planilha, copia-se os dados de identificação do setor de 2010 da planilha “Compara\_2010\_x\_2007\_x\_2000” (Figura 13). Ainda na mesma planilha, copia-se o código de formação, código de controle e os dados de identificação do setor de 2007 e colo-se na planilha (Compara\_GV) (Figura 13 b).

FIGURA 13 – Planilhas e tabela do IBGE que contêm as informações para realizar a compatibilização entre os setores

(a) Planilha  
“Compara\_2010\_x\_2007\_x\_2000”



(b) Planilha  
“Compara\_2007\_2000”



(c) Códigos de formação  
do setor censitário



Fonte: IBGE (2011).

Na Planilha “basico\_MG 2010 do Censo de 2010”, copiou-se o código de identificação (Cod\_setor) do setor de 2010 e colou-se na planilha (compara\_GV).

Na planilha “Compara\_2007\_2000” (Figura 13b) copiou-se os dados de identificação do setor do ano de 2000, o código de *formação e o código de controle* e colou-se na planilha (compara\_GV). Por fim, na planilha “basico\_MG 2000” copiou-se o código de identificação (Cod\_setor) do setor de 2000 e colou-se na planilha (compara\_GV). Quando houve divisão dos setores de 2000 em relação a 2010, repetiu-se o código do setor de 2000 nas informações referentes ao ano de 2000. Após verificada a situação do setor, fez-se o preenchimento da coluna com a situação final do setor (Figura 14). Todos os procedimentos de análise foram feitos setor por setor.

FIGURA 14 – Planilha (Compara\_GV) para compatibilização dos setores 2010/2007/2000, preenchida com os dados de Governador Valadares

Planilha com os anos preenchidos

Comparação 2010/2007/2000 (Modo de Compatibilidade) - Microsoft Excel uso não comercial																										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	M
1						Dados do censo de 2010							Comparação 2010/2007/2000													
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										

Continuação da planilha, situação final do setor

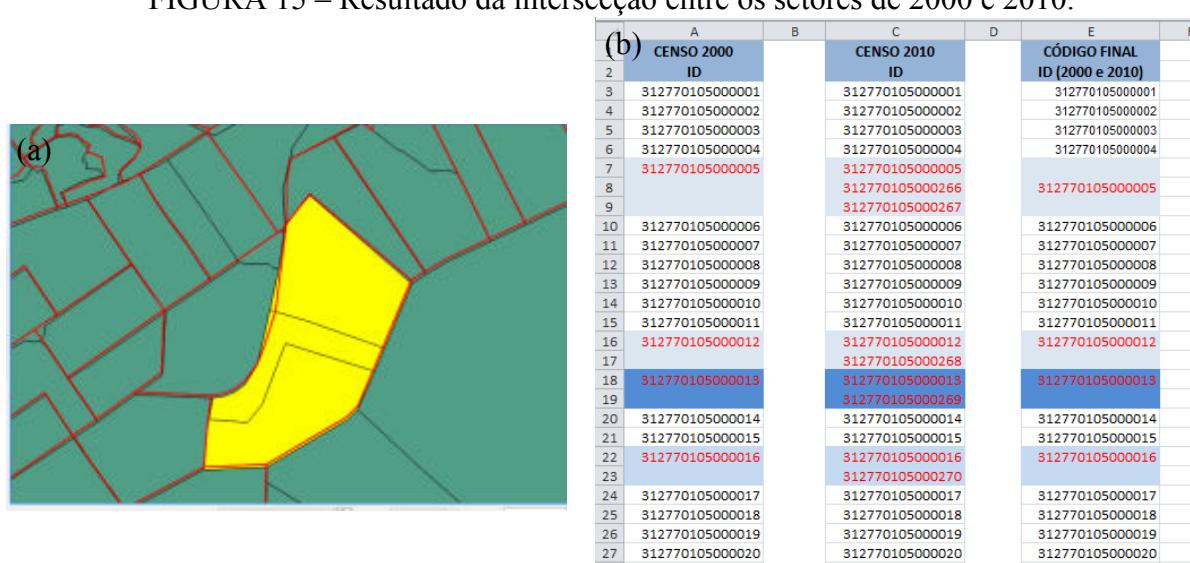
Comparação 2010/2007/2000 (Modo de Compatibilidade) - Microsoft Excel uso não comercial																										
N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	M													
2																										
3																										
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
10																										
11																										
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
17																										
18																										
19																										
20																										
21																										
22																										
23																										
24																										
25																										
26																										
27																										
28																										
29																										
30																										

Fonte: Adaptado de IBGE (2011) e Dal'Asta e Amaral (2014).

Verifica-se na Figura 14 que o setor 0001 manteve-se durante 2000 e 2010 (código 111). Portanto, adota-se o limite da malha de 2010, tendo em vista que ela apresenta melhor precisão geográfica. Em relação às variáveis do setor disponibilizadas em tabela, não houve alterações.

Ainda na figura 14, ao comparar o setor 0005 do Censo de 2000 com o setor da contagem populacional de 2007, manteve-se o mesmo código (111). Do Censo de 2007 para o de 2010 o setor foi dividido em três (código 241), mas manteve o perímetro, conforme verificado no resultado da operação de intersecção entre os setores (Figura 15) e no arquivo do IBGE com os códigos de possíveis combinações para formação do setor do ano de 2010 (Figura 13c).

FIGURA 15 – Resultado da intersecção entre os setores de 2000 e 2010.

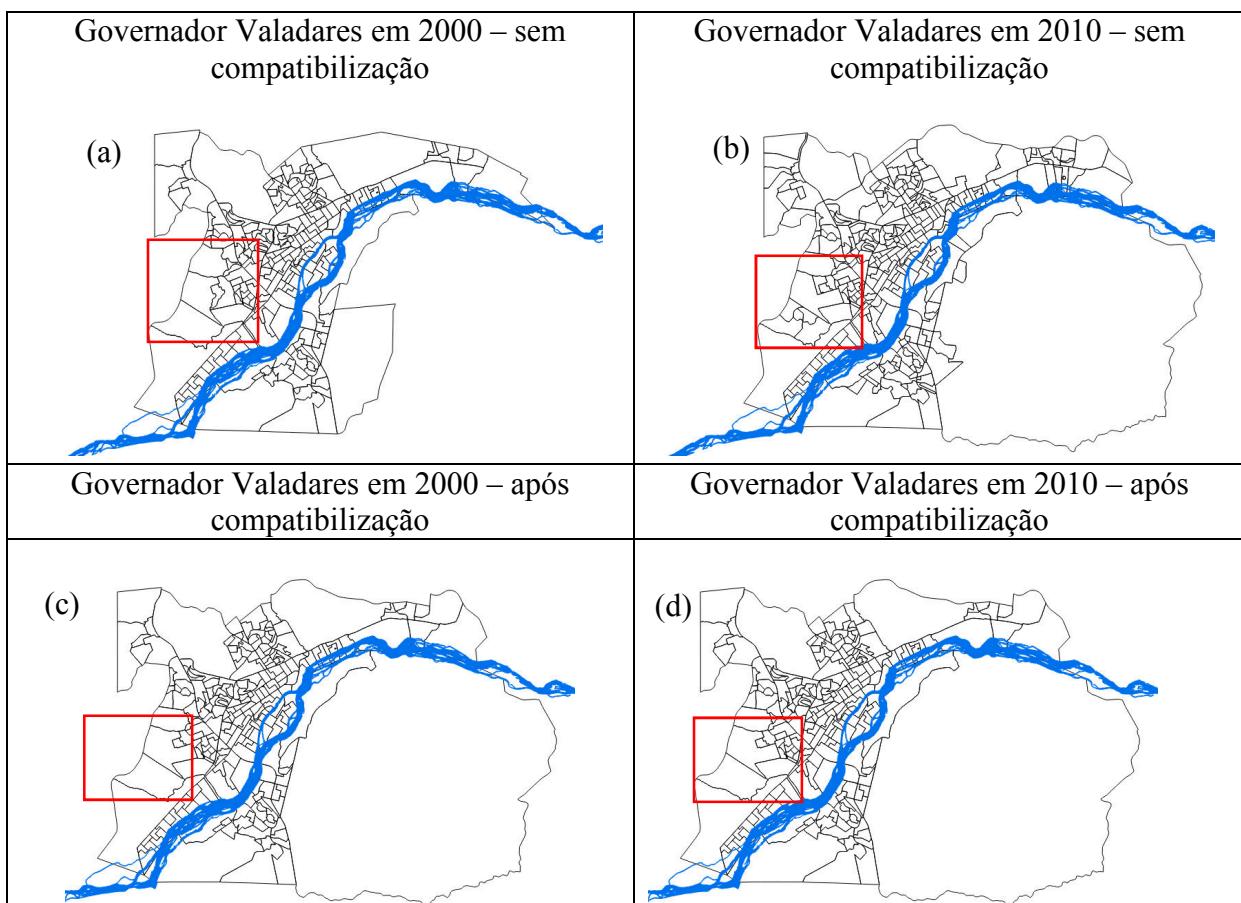


Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para validar os resultados, verificou-se a descrição do setor na planilha “Descrição dos Setores\_MG” do ano de 2000 e 2010 e constatou-se que não houve alteração na descrição do perímetro do setor.

Por fim, no software Qgis utilizou-se o comando *dissolve* dos três setores de 2010 para formar um setor de código 312770105000005, para que o ano de 2010 (Figura 16 b) tenha apenas um setor como era no ano de 2000 (Figura 16 a). Essa operação foi realizada no setor de 2010 por apresentar melhor precisão geográfica, e utiliza-se esse resultado para análise de 2000 e 2010. A técnica do dissolve foi realizada em todos os setores que foram subdivididos em 2010. Os setores 312770105000333, 312770105000334 e 312770105000335, considerados urbanos em 2010, foram desconsiderados deste estudo, pois eram setores rurais no ano de 2000. O resultado pode ser conferido na Figura 16 (c,d)

FIGURA 16 – Governador Valadares (MG): setores censitários da área urbana (2000 e 2010)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Ainda analisando o setor 312770105000005, em relação aos valores das tabelas com dados socioeconômicos, para o ano de 2010 fez-se a soma das variáveis dos setores que foram dissolvidos, resultando apenas um valor para o setor. Já na tabela do ano de 2000 não foi necessário realizar nenhum procedimento. O procedimento de soma das variáveis foi realizado para todos os setores que foram dissolvidos, e prevaleceu o código do censo do ano de 2000. Após a soma das variáveis, utilizou-se a técnica “união” para unir a malha

compatibilizada com as informações do setor censitário. Com base nesses resultados, será possível fazer comparações entre o ano de 2000 e 2010 e 2018, pois os setores de ambos os anos possuem a mesma representação espacial.

### 3.3.2 *Mapa de perigo de inundação*

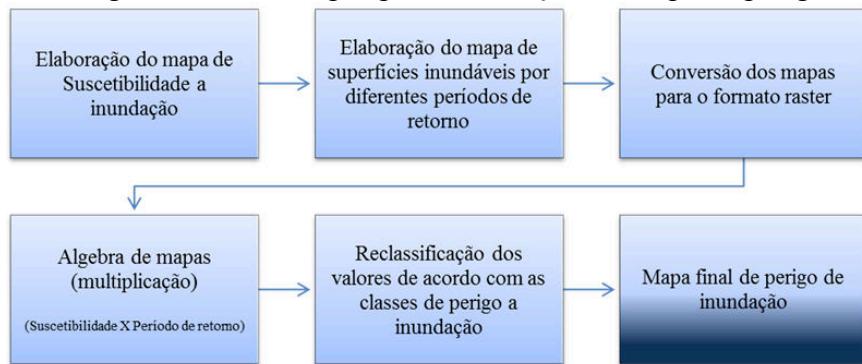
Miguez, Gregorio e Veról (2018) salientam que o perigo de inundação é originado a partir do processo de transformação da chuva em vazão, potencializado pela suscetibilidade física e conjugado com o caminho seguido pelos escoamentos. Conforme apontado pela Ceped/UFRGS (2016, p. 32), essa tese considera o perigo como “situação que tem potencial para causar consequências indesejáveis, a qual é possível fazer uma estimativa dos intervalos de tempo de ocorrência (frequência)”.

Com base na literatura pesquisada, percebeu-se que existem diferentes metodologias para mapeamentos de perigo de inundação, que vão desde a modelagem hidrológica até o mapeamento qualitativo das manchas de inundação em relação ao dia de ocorrência.

Ressalta-se que apesar de haver diferentes metodologias para mapear perigo de inundação, ficou evidente que o uso da variável “período de retorno” é consenso entre os pesquisadores para avaliar a probabilidade de ocorrência e o que diferencia tais estudos é o fato de que alguns autores, na equação do perigo, utilizam vários períodos de retornos, enquanto outros utilizam apenas a probabilidade de 100 anos.

Diante das diferentes possibilidades de realizar mapeamentos de perigo de inundação<sup>10</sup>, adaptou-se a metodologia utilizada pelo Ceped/UFRGS (2016, p. 32) e seguiu-se o caminho metodológico conforme apresentado na Figura 17:

Figura 17 – Fluxograma com as etapas para elaboração do mapa de perigo de inundação



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

<sup>10</sup> Para outras possibilidades de mapeamento de perigo de inundação, consultar as seguintes pesquisas: em Julião et al. (2009), Tominaga, Santoro e Amaral (2009), Ferreira e Rossini-Penteado (2011), Bazzan (2011), Righi e Robaina (2012), Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), Ceped/UFRGS (2016), Righi (2016) e Miguez, Gregorio e Veról (2018).

Para elaboração do mapa de perigo de inundaçāo, utilizou-se a suscetibilidade a inundaçāo e a variável de superfícies inundáveis para diferentes períodos de retorno. O próximo item apresentará o caminho metodológico utilizado para construção do mapeamento de suscetibilidade a inundaçāo.

### 3.3.2.1 *Mapa de suscetibilidade a inundaçāo*

Segundo Bitar (2014, p. 18), a “suscetibilidade a inundaçāo estaria associada às condições naturais do terreno que favorecem a elevação do nível d’água no canal de drenagem com transbordamento, atingindo as planícies aluviais e os terraços fluviais”.

Para esta pesquisa, utilizou-se a camada vetorial do mapeamento de suscetibilidade a inundaçāo<sup>11</sup> elaborado em 2014 pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pela CPRM, disponibilizado em formato vetorial.

A camada vetorial referente à suscetibilidade a inundaçāo do município de Governador Valadares<sup>12</sup> foi elaborado pelo IPT e CPRM (2014) em três etapas: análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas, aplicação do modelo de Altura acima da Drenagem Mais Próxima (Height Above the Nearest Drainage – Hand) e o cruzamento dos resultados da morfometria com o modelo Hand. Utilizou-se o complemento (*plugin*) Terra Hidro existente no programa Terra View para extração dos parâmetros morfométricos e execução do modelo Hand (BITAR, 2014).

De posse do mapeamento realizado pelo IPT e CPRM em formato vetorial, procedeu-se a algumas etapas. O recorte para este estudo considera apenas o perímetro urbano de Governador Valadares. Posteriormente, com a camada abrangendo apenas o perímetro urbano, utilizou-se a ferramenta “dissolve” do módulo geoprocessamento do menu (vetor) disponível no software Qgis para agregar as classes de mesma suscetibilidade e com isso facilitar os próximos procedimentos.

Após dissolver as classes, realizou-se a união com a camada vetorial do setor censitário, para que o perímetro fosse classificado considerando as classes de suscetibilidade. Posteriormente, com o resultado da união, e no intuito de gerar o mapa de perigo a inundaçāo, foi necessário converter o arquivo vetorial para o formato raster e normalizar as classes de

---

<sup>11</sup> Esse mapeamento faz parte do projeto intitulado “Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações”. Para este estudo, utilizou-se apenas as informações referente a inundaçāo. Para maiores detalhes da metodologia, sobre o projeto e municípios mapeados, acessar: <http://www.cprm.gov.br/publique/?tpl=home>.

suscetibilidade (Quadro 1) para adequação da escala de análise dessa pesquisa de zero a um (0 a 1).

QUADRO 1 – Valores e critérios atribuídos às classes de suscetibilidade

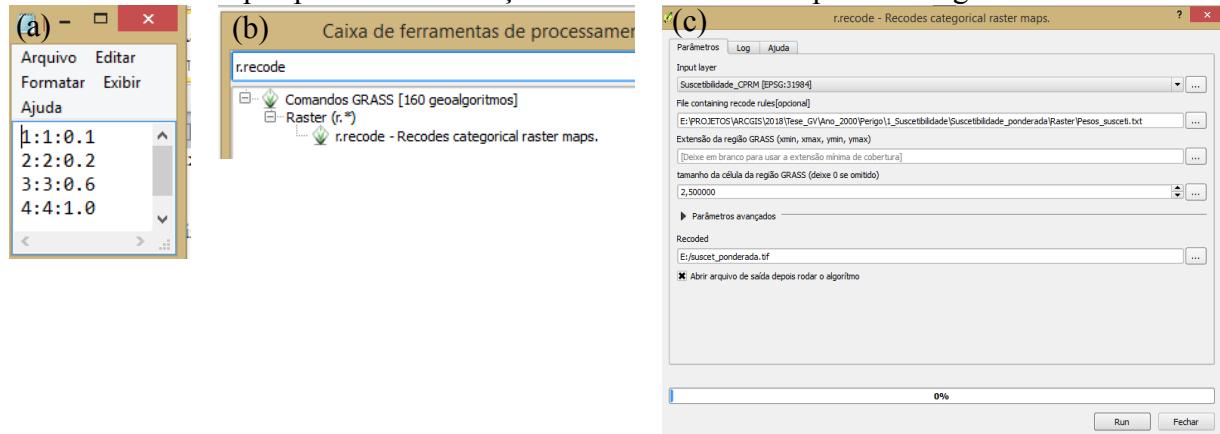
Classes de suscetibilidade	Valor	Critério
Desprezível <sup>13</sup>	0,01	São locais com mínima possibilidade de ocorrência de inundação, que podem ser suscetíveis a outros processos, como movimento de massa.
Baixa	0,2	São locais com baixa possibilidade de ocorrência de inundação, com as maiores altitudes e maior declividade.
Média	0,6	Locais que apresentam média possibilidade de ocorrência de inundação.
Alta	1,0	Locais em que as características físicas são potenciais para ocorrência de inundação.

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A suscetibilidade alta abrange os locais mais propensos à ocorrência de inundação (valores próximo de um), enquanto as classes de suscetibilidade baixa (valores próximo de zero) são locais com menor potencial para ocorrência de inundação.

A reclassificação da suscetibilidade (Quadro 1) foi realizada a partir do algoritmo “r.recode” do Grass, disponível no software Qgis (Figura 18). Esse algoritmo utiliza o arquivo raster (suscetibilidade) e um arquivo bloco de notas (.txt) com os novos valores a serem atribuídos ao raster.

FIGURA 18 – Etapas para reclassificação da suscetibilidade a partir do algoritmo r.recode



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

<sup>13</sup> “Pressupõe-se que a suscetibilidade a inundações em áreas externas às de planícies e terraços tende a ser desprezível. Dada a escala de referência, podem ocorrer, ainda, dentro do contexto de planícies e terraços, outros tipos de relevo, como colinas e morros baixos, em áreas restritas e de menor expressão territorial, cuja suscetibilidade local ao processo tende também a ser desprezível” (BITAR, 2014, p. 22).

Considerando os valores informados no arquivo bloco de notas (Figura 21), o algoritmo faz a substituição das classes de suscetibilidade pelo valor atribuído para cada classe (Quadro 1) e tem como resultado um raster reclassificado com os valores referentes a cada classe de suscetibilidade a inundação.

### *3.3.2.2 Mapa de superfícies inundáveis por diferentes períodos de retorno*

Em 2004, a CPRM, juntamente com o apoio da ANA, do IGAM e de outros órgãos, fez-se o mapeamento da definição da planície de inundação da cidade de Governador Valadares, disponibilizando informações vetoriais (delimitação das cheias de 1979, 1992 e 1997); delimitação das cotas de inundação de 3,5 m a 7,5 m e as planícies de inundação, considerando os diferentes períodos de retornos da vazão (2, 5, 10, 50 e 100 anos) e o relatório técnico com o detalhamento metodológico e análise dos resultados.

De acordo com o relatório elaborado pela CPRM, ANA e IGAM (2004a p. 5- 8<sup>14</sup>), a definição dos perfis de linha d'água associado a diferentes períodos de retorno foi elaborada seguindo algumas etapas:

- a) *Levantamento das informações da área de estudo;*
- b) *Locação e levantamento topobatimétrico das seções transversais e monitoramento dos níveis do Rio Doce;*
- c) *Análise de frequência de vazões máximas;*
- d) *Calibração e validação do modelo hidráulico;*
- e) *Definição dos perfis de linha d'água associados a diferentes períodos de retorno;*
- f) *Mapeamento das áreas inundáveis utilizando um SIG;*

De posse das camadas de cada período de retorno de vazão em formato vetorial elaboradas pela CPRM (2004a-b), conforme exposto acima, e com objetivo de apresentar a probabilidade de ocorrência de inundação da área de estudo, foi necessário realizar ainda alguns procedimentos: inicialmente, fez-se a união da camada vetorial das planícies de inundação com diferentes períodos de retornos (2, 5, 10, 50 e 100 anos) com o perímetro do setor censitário. Em seguida, fez-se a reclassificação dos períodos de retorno da vazão considerando a frequência de ocorrência de inundação para atribuição dos pesos.

---

<sup>14</sup> Para maiores detalhes da metodologia utilizada pela CPRM (2004a) para mapeamento das planícies de inundação de Governador Valadares (MG), consultar o relatório técnico disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#). Acesso em: 26 ago. 2018.

Os valores para cada período de retorno da vazão foram normalizados de acordo com uma escala de zero a um, considerando a probabilidade de inundação. Diante da realidade constatada na área de estudo, fez-se a normalização para os períodos de retorno conforme Quadro 2.

QUADRO 2 – Critério e valores de ponderação para diferentes períodos de retorno da vazão do Rio Doce

Período de retorno	Valor	Critério
Inexistente	0,01	Locais que não estão inseridos na probabilidade de ocorrência de inundação.
100 anos	0,2	Apesar de alta magnitude, a possibilidade de ocorrência é baixa, sendo este considerado como baixa probabilidade.
50 anos	0,6	Considerando um intervalo de 10 anos, a frequência é menor, média probabilidade.
≤ 10 anos	1,0	Maior frequência de registros de inundação para o período de 1979 a 2018 (a cada cinco anos, ocorreram de 3 a 4 eventos). Alta probabilidade.

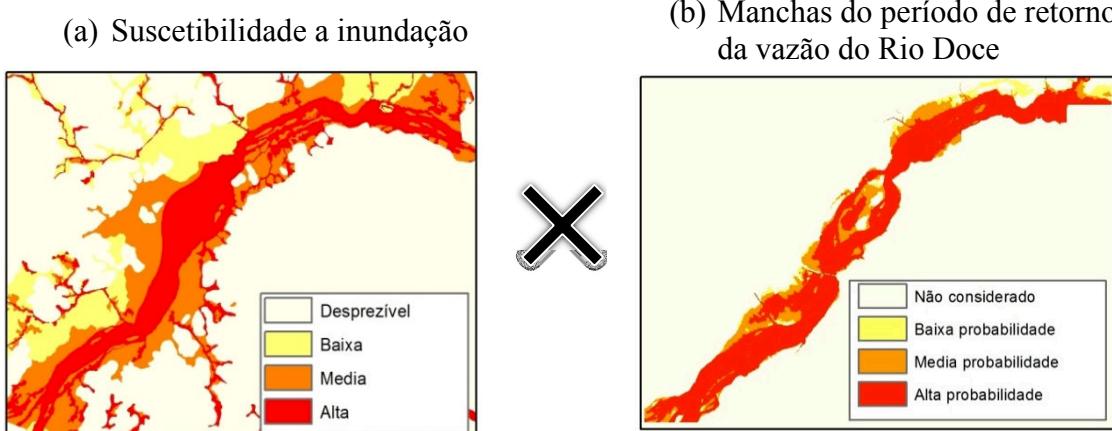
Elaboração: Adaptado de Hora e Gomes (2009) e Campos et al. (2015).

Por fim, para realizar a atribuição dos pesos para diferentes períodos de retorno, foi necessário fazer a conversão do arquivo vetorial para o formato raster; na sequência, fez-se a reclassificação a partir do algoritmo “r.recode” do Grass, disponível no software Qgis, obtendo como resultado um arquivo raster com os valores de representação das classes de período de retorno.

### 3.3.2.3 Mapa final de perigo de inundação

A elaboração do mapa de perigo de inundação (Figura 19) baseou na proposta metodológica do Ceped/UFRGS (2016, p. 32). A suscetibilidade representa a predisposição física da área para inundação. Para probabilidade de ocorrência de inundação, considerou-se três períodos de retorno de vazão ( $TR < 10$  anos, 50 anos e 100 anos).

FIGURA 19 – Variáveis utilizadas para elaboração do mapa de perigo de inundaçāo



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Com os arquivos em formato raster, considerando a escala de zero a 1, ambos com o mesmo tamanho de pixel, procedeu-se a álgebra de mapas, multiplicando as camadas de suscetibilidade pelos períodos de retorno (Figura 19) a partir da calculadora raster do Qgis. O resultado foi um arquivo raster, reclassificado em quatro classes de perigo de inundaçāo pelo método de quebras naturais<sup>15</sup>, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – Classes do mapa de perigo de inundaçāo

Intervalos	Classe	Número	Valor normalizado <sup>16</sup>
< 0,03	Muito baixo <sup>17</sup>	1	0,1
≥ 0,03 a 0,2	Baixo	2	0,2
≥ 0,2 a 0,6	Médio	3	0,6
≥ 0,6	Alto	4	1,0

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Sabendo que as variáveis do censo demográfico de 2000 e 2010, utilizadas para o mapeamento de vulnerabilidade social, são disponibilizadas na escala do setor censitário, em que para cada setor censitário tem-se apenas uma informação socioeconômica, utilizou-se a ideia apresentada em Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), e as informações do mapa de perigo de inundaçāo foram generalizadas para a escala do setor censitário; ou seja, cada setor

<sup>15</sup> “As classes de Quebras Naturais são baseadas em agrupamentos naturais inerentes aos dados. As Quebras de Classe que melhor agrupam os valores similares do grupo e que maximizam as diferenças entre classes são identificadas. As feições são divididas em classes cujos limites são configurados onde existem diferenças relativamente grandes nos valores de dados” (ESRI, 2016).

<sup>16</sup> O valor normalizado foi utilizado para representar as classes de inundaçāo para gerar o mapa de perigo de inundaçāo por setor.

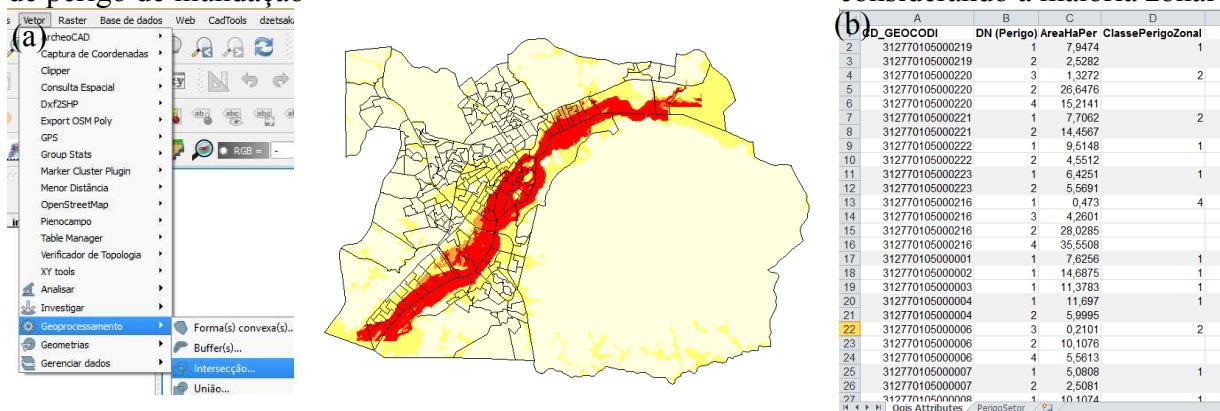
<sup>17</sup> Apesar da CPRM (2014) ter considerado como área desprezível no mapeamento de suscetibilidade a inundaçāo, para o mapa de perigo desta pesquisa, adota-se o termo muito baixo para as áreas com mínima possibilidade de ocorrência de inundaçāo.

censitário é composto por apenas uma classe de perigo de inundação. Assim, foram necessários os seguintes procedimentos (Quadro 3):

- Reclassificação das classes de perigo de inundação para valores inteiros (1 a 4), para posterior conversão para o formato vetorial (Tabela 1);
- Intersecção entre a camada vetorial de perigo de inundação e a camada vetorial dos setores censitários;
- Cálculo de área das classes de perigo de inundação existente no setor censitário.

Após o cálculo de área, exportou-se as informações para uma planilha eletrônica. Na sequência, adotou-se o procedimento metodológico “maioria zonal” de Barbosa (1997), que consiste em deixar o fragmento com maior frequência encontrado no setor (Figura 20).

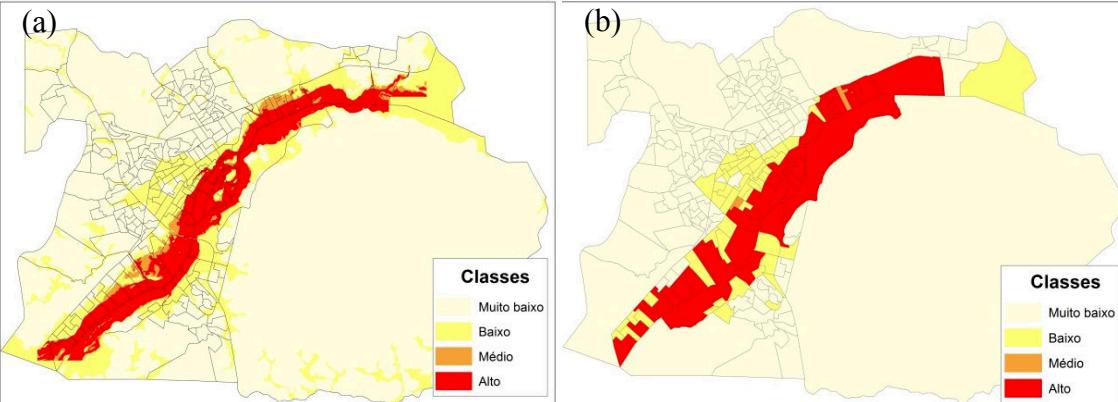
FIGURA 20 – Etapas para elaboração do mapa de perigo, por setor censitário  
Intersecção entre as camadas e cálculo de área de cada classe Reclassificação dos setores  
de perigo de inundação considerando a maioria zonal



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Em seguida, considerando apenas uma classe de perigo de inundação por setor, importou-se a tabela em formato xls. para o software Qgis; através do procedimento “União”, foram inseridas as informações da planilha eletrônica na camada vetorial do setores censitários para elaboração do mapa final de perigo de inundação por setor censitário, conforme pode ser observado na Figura 21.

FIGURA 21 – Diferentes resultados do mapa de perigo de inundaçāo  
Perigo de inundaçāo representação geral      Perigo de inundaçāo por setor censitário



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para composição do risco de desastre, além do mapa de perigo de inundaçāo, é necessário elaborar o mapa de áreas urbanizadas (exposição) e de vulnerabilidade social, assunto do próximo item.

### 3.3.3 *Mapa de áreas urbanizadas expostas ao perigo de inundaçāo para os anos de 2003, 2012 e 2018*

O mapeamento de áreas urbanizadas é importante para a formulação dos cenários de risco de desastre por inundaçāo, uma vez que objetiva verificar as alterações urbanas em diferentes anos. Para elaborar esse mapeamento, foram utilizadas as imagens de satélite do Google Earth-Pro dos anos de 2003, 2012 e 2018<sup>18</sup>. A escolha dos anos justifica-se pela ausência de imagens de alta resolução para os anos de 2000, 2010 e 2018 de forma gratuita e por serem os anos mais próximos dos dados dos Censos de 2000 e 2010. O ano de 2018 foi escolhido para fazer a validação em campo dos mapeamentos e por ser o ano mais recente, considerando o período de conclusão desta tese.

O mapa de áreas urbanizadas apresenta o elemento exposto ao perigo de inundaçāo, definido por Juliāo et al. (2009, p. 21) como a “populaçāo, propriedade, estruturas, infraestruturas, atividades econômicas etc., expostos (potencialmente afetáveis) a um processo perigoso natural, tecnológico ou misto, num determinado território”. A ONU (2009, p. 15

<sup>18</sup> Foram feitos vários orçamentos em empresas privadas para compra de imagens de satélite de alta resolução, entretanto os valores apresentados não foram acessíveis. A segunda opção seria utilizar imagens de satélite do Landsat 5 ou Landsat 7, mas a resolução não é adequada para mapeamentos de uso do solo urbano. Diante da ausência de imagens de alta resolução gratuita, optou-se por utilizar as imagens disponíveis no Google Earth-Pro. Existem diversas pesquisas acadêmicas que utilizaram as imagens do Google Earth para mapeamento de uso do solo. Para mais informações, conferir os seguintes trabalhos: Prina et al. (2011), Cardoso e Aquino (2014) e Lopes (2009).

tradução minha) define exposição como “Pessoas, propriedades, sistemas ou outros elementos presentes em zonas de risco que estão sujeitos a possíveis perdas”. Esse tipo de mapeamento é importante para acompanhar a expansão das cidades, pois a transformação do perigo em desastre “depende do grau de exposição de uma população e de seus recursos físicos e econômicos” (CEPED/UFRGS, 2016, p. 35).

Para elaborar o mapeamento, inicialmente criou-se uma grade retangular no próprio Google Earth abarcando toda a área urbana. Na sequência, as imagens dos anos de 2003, 2012 e 2018 foram salvas no formato JPG, mantendo a mesma escala de visualização. Para facilitar a etapa de correção geométrica, fez-se o mosaico das imagens utilizando o software Gimp. Depois, realizou-se a correção geométrica das imagens a partir de pontos de controle com base na ortofoto disponibilizada pela Prefeitura de Governador Valadares, obtendo um erro quadrático médio (RMS) de 0,80, valor abaixo de 1,00, conforme recomendado por Bertucini Junior e Centeno (2016).

Com as imagens georreferenciadas, iniciou-se a elaboração do mapa de uso do solo a partir da interpretação visual em tela no software Qgis, tendo como base a chave de interpretação apresentada no Quadro 3.

QUADRO 3 – Chave de interpretação para elaboração do mapa de área urbanizada

Uso	Padrão característico da área	Imagen do Google Earth-Pro	
Área edificada	Cor: marrom (telhado), cinza (asfalto e calçamento) Textura: rugosa Forma: irregular		
Cobertura vegetal	Cor: verde-escuro Textura: rugosa Forma: irregular		
Massa d'água	Cor: verde-claro Textura: lisa Forma: irregular		
Lotes vagos, solo exposto e gramíneas	Cor: verde-claro (lotes vagos) Laranja (solo exposto) Textura: rugosa Forma: irregular		

Fonte: A autora, com imagens do Google Earth-Pro.

Para definir o percentual de uso para cada setor censitário, calculou-se a área de cada uso e do setor censitário e foram exportadas as informações para uma planilha eletrônica em formato xls. Utilizou-se a ideia de mapeamento dasimétrico, apresentada em Morato, Kawakubo e Machado (2010), Silveira e Kawakubo (2013); Silva, Morato e Kawakubo (2013), para fazer o ajuste do perímetro do setor, deixando como limite apenas as áreas passíveis de ocupação urbana, ou seja, da área total do setor diminui-se a área pertencente ao Rio Doce. Com base no valor do percentual de uso por setor, trabalhou-se com a nomenclatura das classes definidas no mapeamento das áreas urbanizadas no Brasil (IBGE, 2005); a reclassificação dos setores em relação às áreas construídas foi feita com base na metodologia de Dal'Asta et al. (2013) (Quadro 4).

QUADRO 4 – Classificação da área urbanizada para os anos de 2002, 2012 e 2018

Classes	Critério (percentual de áreas construídas)	Justificativa	Padrão “imagem” do Google Earth-Pro”
Pouco densa	Área construída < 30%	Predominância de vegetação arbórea, solo exposto e pastagem; baixíssima a baixa ocupação.	
Densa	Área construída de 30% a 70%	Média ocupação urbana, presença de cobertura vegetal, presença de lotes vagos, ocupação.	
Muito densa	Área construída > 70%	Muito alta ocupação urbana, presença de cobertura vegetal rarefeita, presença insignificante de lotes vagos.	

Fonte: A autora, com imagens do Google Earth-Pro.

Seguindo os critérios de classificação definidos no Quadro 5, obteve-se como resultado uma planilha eletrônica (.xls) com os setores censitários qualificados em três classes, variando de pouco densa a muito densa. Em seguida, realizou-se a junção da planilha eletrônica com a camada vetorial dos setores censitários através da ferramenta “União” do software Qgis.

De posse do resultado, procedeu-se à reclassificação desse mapa no intuito de atribuir valores referentes à potencialização e exposição ao perigo de inundação, considerando a

escala de zero a um, conforme valores do Quadro 5. Para realizar a reclassificação, foi necessário fazer a conversão do arquivo de vetorial para raster.

QUADRO 5 – Critério e valores para as classes das áreas urbanizadas

Classes	Nº	Valor	Critério
Pouco densa	1	0,2	Predominância de áreas naturais, área menos expostas ao perigo de inundaçāo
Densa	3	0,6	Maior percentual de ocupação urbana, no qual a população está mais exposta ao perigo de inundaçāo
Muito densa	5	1,0	Muito alta ocupação urbana, área mais exposta ao perigo de inundaçāo

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Após definido o critério e valores para cada classe, fez-se a reclassificação a partir do algoritmo “r.recode” do Grass, disponível no software Qgis, obtendo como resultado um arquivo raster com os valores de representação das classes de área urbanizada para os diferentes anos, que será utilizado para composição do mapeamento de risco de inundaçāo.

O mapeamento de áreas urbanizadas (exposição) deve ser considerado junto com o mapeamento de vulnerabilidade, pois esta “[...]só se manifesta se houver exposição e é preciso que um elemento esteja exposto ao perigo para que suas fragilidades se materializem em perdas ou prejuizos” (MIGUEZ; GREGORIO; VERÓL, 2018, p. 77).

A exposição é necessária para caracterizar risco, mas não suficiente, pois em diversos casos é possível estar exposto ao perigo, mas não vulnerável a ele (MALAGODI; PELOGGIA, 2015). Por isso, é importante identificar o quāo vulnerável o elemento exposto se encontra ao perigo de inundaçāo. O próximo item apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o mapeamento de vulnerabilidade social, cuja análise possibilita identificar o quāo vulnerável está a população da área urbana de Governador Valadares.

### 3.3.4 *Mapa de vulnerabilidade social para os anos de 2000, 2010 e 2018*

O mapa de vulnerabilidade social, um dos componentes do risco de desastre<sup>19</sup>, tem como finalidade apresentar as características socioeconômicas da população residente na área

<sup>19</sup> A análise das alterações entre os censos foi feita a partir da compatibilização entre eles, conforme metodologia descrita no item 3.3.1. Os setores que não continham informação (312770105000021 e 312770105000040) não foram analisados estatisticamente, mas foram mantidos no perímetro urbano para que não ocorresse falha na área

urbana e com isso demonstrar o quanto vulnerável essa população está em relação ao perigo de inundações. A análise deste estudo considera os anos do censo demográfico do IBGE de 2000, 2010 e uma projeção para o ano de 2018.

A escolha das variáveis e a elaboração da metodologia do mapeamento de vulnerabilidade social se embasaram nos estudos realizados por Deschamps (2004), Alcântara (2012), Dias (2013), Almeida (2010), Dutra Júnior (2015), Rezende (2016), Bortoletto (2017), Cutter, Boruff e Shirley (2003), Cutter (2011) e Hummell, Cutter e Emrich (2016). Para obter o mapa de vulnerabilidade social, foi necessário inicialmente utilizar técnicas matemáticas e estatísticas para elaboração dos fatores de vulnerabilidade social, conforme será detalhado no próximo subitem.

#### *3.3.4.1 Elaboração dos fatores de vulnerabilidade social para o ano de 2000 e 2010*

Para elaboração dos fatores de vulnerabilidade social, foram utilizados dados do censo demográfico “resultados do universo” do ano de 2000 e 2010, disponibilizadas pelo IBGE em formato de planilhas (.xls), e o limite dos setores censitários em formato “shapefile”. Note-se que foram utilizados os dados resultantes da compatibilização dos setores censitários apresentada no item 3.3.1.

Trabalhou-se um total de 84 variáveis para o ano de 2000 e 298 para o ano de 2010. Após o cálculo percentual de cada uma, as variáveis foram agrupadas em 21 novas variáveis (Quadro 6).

**QUADRO 6 – Variáveis iniciais para elaboração do mapa de vulnerabilidade social**

<b>Variáveis</b>
V01 – Percentual de domicílios particulares precários
V02 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral
V03 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem escoamento sanitário
V04 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem banheiro e sanitário
V05 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo
V06 – Percentual de domicílios particulares permanentes alugados
V07 – Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores
V08 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade
V09 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos
V10 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade
V11 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos
V12 – Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade
<i>Continua</i>

de estudo. Já os setores 312770105000333, 312770105000334 e 312770105000335 foram excluídos desta pesquisa na etapa de compatibilização por terem sido classificados como setores rurais no ano de 2000.

Conclusão
V13 – Percentual de pessoas com idade igual ou maior que 65 anos
V14 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados
V15 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados entre 10 e 19 anos de idade
V16 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com idade igual ou maior que 65 anos
V17 – Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes
V18 – Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 12 anos de idade
V19 – Percentual de pessoas não alfabetizadas com idade igual ou maior que 65 anos
V20- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal
V21 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até três salários mínimos

Fonte: IBGE (2001; 2011).

Por fim, com os valores percentuais, fez-se análise estatística descritiva e utilizou-se a análise estatística multivariada (análise fatorial exploratória) por componentes principais no software IBM SPSS (2011).

Segundo Rodrigues e Paulo (2009, p. 2), a análise multivariada corresponde a “métodos estatísticos que realizam estudo estatístico de multiplas variáveis em um único relacionamento ou conjunto de relações”. Uma das técnicas de análise multivariada de dados é a análise fatorial, que, segundo Fávero et al. (2009, p. 9), tem como propósito principal “descrever as relações entre diversas variáveis em termos de poucos e não observáveis fatores, ou seja, é procurar ou identificar fatores não observáveis ou constructos latentes que possam explicar a intercorrelação entre as variáveis”. Caso as variáveis não apresentem intercorrelação, outras técnicas estatísticas devem ser aplicadas, pois entende-se que as variáveis podem ser interpretadas individualmente.

O objetivo da análise fatorial é encontrar um meio de condensar a informação contida nas variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação. Essa técnica se torna útil para as pesquisas relacionadas aos dados socioeconômicos, pois grande parte das análises são feitas considerando um número relativamente grande de variáveis, sendo inviável a utilização de estatística univariada ou bivariada (RODRIGUES; PAULO, 2009, p. 7).

A análise fatorial é formada pela análise fatorial exploratória, quando o pesquisador não tem conhecimento sobre a estrutura (variáveis que compõem cada fator) e quantidade de fatores que serão gerados, e pela análise fatorial confirmatória, quando o pesquisador conhece a quantidade de fatores a serem gerados ou até mesmo quando procura testar alguma hipótese. (FÁVERO et al., 2009 e HAIR et al., 2009). Desse modo, esta pesquisa adotou a análise fatorial exploratória, pois se desconhecia a quantidade de fatores que seriam gerados.

Para aplicação da análise fatorial exploratória, é necessário inicialmente realizar análise estatística descritiva (média, moda, máxima, mínima, entre outros) dos dados, para conhecimento das informações e verificação de existência de dados *outlier*, e o teste de normalidade. Tais procedimentos serão apresentados no próximo item.

#### 3.3.4.1.1 Análise estatística descritiva e análise estatística fatorial exploratória de 2000 e 2010

Essa etapa foi realizada para os anos de 2000 e 2010 de forma individualizada. No primeiro momento, fez-se análise estatística descritiva no intuito de conhecer o comportamento das 21 variáveis para verificar a possível existência de valores discrepantes para o conjunto de dados e a condição de normalidade. O teste de Kolmogorov-Smirnov, considerando uma significância de 5%, indicou normalidade para o conjunto de dados do ano de 2000 nas variáveis: V07-Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores, V09-Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos, V11-Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com id, ade igual ou maior que 65 anos e V12-Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade; e para o ano de 2010, nas variáveis: V07-Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores, V12-Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade e V19-Percentual de pessoas não alfabetizadas com idade igual ou maior que 65 anos.

Em relação à presença de valores discrepantes, não foi adotada nenhuma medida de exclusão dos dados, tendo em vista que os dados do censo demográfico são confiáveis e sua exclusão poderia invalidar o resultado da vulnerabilidade, pois os setores ficariam sem informação.

Na sequência, executou-se vários testes (nove para 2000 e onze para 2010) pela análise fatorial exploratória pelo método de extração análise de componentes principais (ACP), para verificar alguns requisitos obrigatórios, conforme proposto por Hair et al., (2009), Fávero et al. (2009) e Field (2009), pois caso não os cumprisse, seria necessário excluir a variável da análise e executar o teste estatístico novamente.

Considerando os requisito para aplicação da análise fatorial apontado em Hair et al. (2009), Fávero et al. (2009) e Field (2009), verificou-se a existência de correlação entre as variáveis (valores maiores que 0,30), valores de adequação da amostra (MSA) (valores maiores que 0,50) e comunalidade (valores maiores que 0,50). Com base nos testes realizados, em relação à correlação para os anos de 2000 e 2010 foi necessário excluir as variáveis V01 e

V15 por não apresentarem correlação maior de 0,30. Todas as variáveis de ambos os anos apresentaram MSA acima de 0,50, dentro do padrão estatístico definido em Hair et al. (2009), Fávero et al. (2009) e Field (2009).

Por fim, verificou-se os valores de comunalidade. Field (2009) recomenda valores acima de 0,4, e Hair et al. (2009) recomenda valores acima de 0,50. Diante disso, as variáveis V04 e V10 do ano de 2010, por apresentarem valores de 0,266 e 0,411, foram consideradas inviáveis para execução da análise fatorial exploratória, sendo excluídas. Diante dos resultados encontrados para os dois anos, decidiu-se excluir as variáveis V01, V04, V10 e V15 do Quadro 6 para os dois anos, a fim de que o índice de vulnerabilidade fosse calculado com as mesmas variáveis, tendo em vista que será feita uma análise temporal. O Quadro 7 apresenta as variáveis finais para os anos de 2000 e 2010.

QUADRO 7 – Variáveis finais (2000 e 2010) utilizadas para elaboração do mapa de vulnerabilidade social

<b>Variáveis</b>
V01 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral
V02 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem escoamento sanitário
V03- Percentual de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo
V04 – Percentual de domicílios particulares permanentes alugados
V05 – Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores
V06 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade
V07 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos
V08 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos
V09 – Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade
V10 – Percentual de pessoas com idade igual ou maior que 65 anos
V11 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados
V12 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com idade igual ou maior que 65 anos
V13 – Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes
V14 – Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 12 anos de idade
V15 – Percentual de pessoas não alfabetizadas com idade igual ou maior que 65 anos
V16- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal
V17 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até três salários mínimos

Fonte: IBGE (2001, 2011).

Considerando as dezessete variáveis apresentadas no Quadro 7, foi realizada nova análise fatorial exploratória no software (IBM SPSS, 2011) para os dois anos. Os resultados serão apresentados na sequência.

Este estudo utilizou a análise de componentes principais (ACP), tendo em vista que os dados não possuem distribuição normal, pois “a suposição de normalidade nas variáveis não é

requisito necessário para que a técnica ACP possa ser aplicada” (MINGOTI, 2005, p. 59). Para Bezerra (2009, p. 118), a suposição de normalidade deve ser atendida quando o método para extração for o da máxima verossimilhança, já o método de “análise de componentes principais não possui essa restrição”.

Definido o método de extração, escolheu-se o método de rotação dos fatores, considerando a existência ou não da normalidade nos dados e a correlação entre os fatores. Tendo em vista que as variáveis não apresentam normalidade e a necessidade de não existir correlação entre os fatores, utilizou-se o método Varimax, que tem como objetivo “maximizar a variância das cargas fatoriais para cada fator por meio do aumento das cargas altas e a diminuição das cargas baixas” (LAROS, 2012 p. 185).

Após definição de todos os métodos para execução da análise fatorial, as variáveis foram salvas como escores dos fatores, que substituíram as dezessete variáveis. Esse resultado poderá ser utilizado em outras análises estatísticas. A análise dos resultados do relatório gerado pelo software (IBM SPSS, 2011) para o ano de 2000 e 2010 será discutida no próximo item.

#### 3.3.4.1.2 Interpretação dos resultados da análise fatorial exploratória (AF) de 2000 e 2010

##### a) Matriz de correlação:

Após aplicação da análise fatorial exploratória, a primeira análise a ser feita é a verificação de correlação entre as variáveis. Segundo Fávero et al. (2009), se for verificada a existência de valores baixos de correlação entre as variáveis, a aplicação dessa técnica pode ser inadequada.

Hair et al. (2009) e Fávero et al. (2009), recomendam que exista na matriz de correlação valores superiores a 0,30 para que a técnica possa ser utilizada.

As Tabelas 2 e 3 apresentam a matriz de correlação para as variáveis do censo demográfico de 2000 e 2010. Ao analisar as variáveis par a par, foi constatada a existência de correlações superiores a 0,30 em todas as variáveis. Portanto, essa técnica pode ser empregada para esse conjunto de variáveis.

TABELA 2 – Resultado da matriz de correlações para o ano de 2000 (*correlation matrix*)

	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	
Correlação	V01	1	0,369	0,424	-0,249	0,115	0,101	-0,087	-0,169	0,196	-0,085	0,176	0,01	-0,032	0,168	0,029	0,082	0,171
	V02	0,369	1	0,503	-0,296	0,196	0,243	-0,153	-0,09	0,355	-0,178	0,383	0,203	0,258	0,302	0,186	0,299	0,31
	V03	0,424	0,503	1	-0,559	0,487	0,415	-0,35	-0,354	0,601	-0,356	0,571	0,205	0,297	0,509	0,183	0,539	0,445
	V04	-0,249	-0,296	-0,559	1	-0,717	-0,241	0,522	0,462	-0,808	0,59	-0,726	-0,453	-0,548	-0,714	-0,362	-0,53	-0,673
	V05	0,115	0,196	0,487	-0,717	1	0,18	-0,439	-0,413	0,69	-0,559	0,68	0,464	0,546	0,625	0,343	0,496	0,573
	V06	0,101	0,243	0,415	-0,241	0,18	1	-0,216	-0,141	0,309	-0,169	0,325	0,045	0,222	0,304	0,043	0,395	0,246
	V07	-0,087	-0,153	-0,35	0,522	-0,439	-0,216	1	0,889	-0,661	0,943	-0,372	-0,043	-0,195	-0,448	0,023	-0,334	-0,371
	V08	-0,169	-0,09	-0,354	0,462	-0,413	-0,141	0,889	1	-0,539	0,811	-0,258	0,079	-0,002	-0,338	0,104	-0,246	-0,246
	V09	0,196	0,355	0,601	-0,808	0,69	0,309	-0,661	-0,539	1	-0,754	0,794	0,494	0,635	0,846	0,382	0,571	0,786
	V10	-0,085	-0,178	-0,356	0,59	-0,559	-0,169	0,943	0,811	-0,754	1	-0,496	-0,235	-0,345	-0,536	-0,083	-0,386	-0,5
	V11	0,176	0,383	0,571	-0,726	0,68	0,325	-0,372	-0,258	0,794	-0,496	1	0,766	0,874	0,805	0,679	0,604	0,855
	V12	0,01	0,203	0,205	-0,453	0,464	0,045	-0,043	0,079	0,494	-0,235	0,766	1	0,807	0,528	0,901	0,329	0,737
	V13	-0,032	0,258	0,297	-0,548	0,546	0,222	-0,195	-0,002	0,635	-0,345	0,874	0,807	1	0,68	0,719	0,467	0,785
	V14	0,168	0,302	0,509	-0,714	0,625	0,304	-0,448	-0,338	0,846	-0,536	0,805	0,528	0,68	1	0,433	0,58	0,742
	V15	0,029	0,186	0,183	-0,362	0,343	0,043	0,023	0,104	0,382	-0,083	0,679	0,901	0,719	0,433	1	0,28	0,675
	V16	0,082	0,299	0,539	-0,53	0,496	0,395	-0,334	-0,246	0,571	-0,386	0,604	0,329	0,467	0,58	0,28	1	0,378
	V17	0,171	0,31	0,445	-0,673	0,573	0,246	-0,371	-0,246	0,786	-0,5	0,855	0,737	0,785	0,742	0,675	0,378	1

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

TABELA 3 – Resultado da matriz de correlações para o ano de 2010 (*correlation matrix*)

	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	
Correlação	V01	1	0,817	0,605	-0,194	0,053	0,004	-0,002	-0,144	-0,01	-0,048	0,162	0,08	-0,015	0,102	0,069	-0,026	0,038
	V02	0,817	1	0,656	-0,29	0,19	0,013	-0,081	-0,185	0,165	-0,129	0,226	0,132	0,066	0,187	0,141	-0,026	0,157
	V03	0,605	0,656	1	-0,365	0,307	0,128	-0,206	-0,257	0,327	-0,201	0,271	0,147	0,099	0,361	0,172	0,095	0,161
	V04	-0,194	-0,29	-0,365	1	-0,666	-0,045	0,46	0,43	-0,684	0,557	-0,676	-0,567	-0,635	-0,534	-0,508	-0,271	-0,441
	V05	0,053	0,19	0,307	-0,666	1	0,074	-0,425	-0,375	0,782	-0,554	0,492	0,568	0,543	0,545	0,506	0,333	0,602
	V06	0,004	0,013	0,128	-0,045	0,074	1	-0,186	-0,015	0,094	-0,072	0,029	0,052	0,11	0,143	0,073	0,667	-0,118
	V07	-0,002	-0,081	-0,206	0,46	-0,425	-0,186	1	0,881	-0,626	0,928	-0,375	-0,129	-0,323	-0,465	-0,11	-0,311	-0,258
	V08	-0,144	-0,185	-0,257	0,43	-0,375	-0,015	0,881	1	-0,541	0,842	-0,315	-0,074	-0,17	-0,402	-0,067	-0,13	-0,202
	V09	-0,01	0,165	0,327	-0,684	0,782	0,094	-0,626	-0,541	1	-0,738	0,461	0,556	0,517	0,683	0,499	0,313	0,674
	V10	-0,048	-0,129	-0,201	0,557	-0,554	-0,072	0,928	0,842	-0,738	1	-0,483	-0,321	-0,452	-0,527	-0,246	-0,228	-0,461
	V11	0,162	0,226	0,271	-0,676	0,492	0,029	-0,375	-0,315	0,461	-0,483	1	0,656	0,895	0,449	0,606	0,146	0,426
	V12	0,08	0,132	0,147	-0,567	0,568	0,052	-0,129	-0,074	0,556	-0,321	0,656	1	0,776	0,518	0,933	0,174	0,713
	V13	-0,015	0,066	0,099	-0,635	0,543	0,11	-0,323	-0,17	0,517	-0,452	0,895	0,776	1	0,472	0,721	0,261	0,512
	V14	0,102	0,187	0,361	-0,534	0,545	0,143	-0,465	-0,402	0,683	-0,527	0,449	0,518	0,472	1	0,504	0,251	0,516
	V15	0,069	0,141	0,172	-0,508	0,506	0,073	-0,11	-0,067	0,499	-0,246	0,606	0,933	0,721	0,504	1	0,18	0,681
	V16	-0,026	-0,026	0,095	-0,271	0,333	0,667	-0,311	-0,13	0,313	-0,228	0,146	0,174	0,261	0,251	0,18	1	-0,066
	V17	0,038	0,157	0,161	-0,441	0,602	-0,118	-0,258	-0,202	0,674	-0,461	0,426	0,713	0,512	0,516	0,681	-0,066	1

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

b) Análise dos resultados de KMO e teste de esfericidade de Bartlett:

De acordo com Fávero et al. (2009), o resultado de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o teste de esfericidade de Bartlett são utilizados para verificar se a análise fatorial exploratória está adequada.

Inicialmente, verifica-se o valor da estatística KMO, no qual os valores variam de zero a um. Para Fávero et al. (2009, p. 241), “valor de KMO próximo de 0 indica que a análise fatorial pode não ser adequada, pois existe correlação fraca entre as variáveis. Por outro lado, quanto mais próximo de 1 o seu valor, mais adequada é a utilização da técnica”.

Fávero et al. (2009, p. 242) apresenta os valores de referência para verificação do resultado da estatística KMO. Para o autor, valores menores que 0,5 em uma análise fatorial são inaceitáveis; valores no intervalo de 0,5 a 0,6, geram uma má análise fatorial; intervalo de 0,6 a 0,7, análise fatorial razoável; intervalo de 0,7 a 0,8, análise fatorial média; intervalo de 0,8 a 0,9, análise fatorial boa; e o intervalo de 0,9 a 1, análise fatorial muito boa. Fávero et al. (2009, p. 242) ressalta que se apresentar “valores inferiores a 0,6 a análise fatorial pode ser inadequada”.

Considerando os valores sugeridos por Fávero et al. (2009), verificou-se que o KMO do ano de 2000 (Tabela 4) obteve um valor de 0,833, sendo considerado como AF boa, e o ano de 2010 (Tabela 4) obteve o valor de KMO de 0,800, AF boa. Com base nos valores encontrados em KMO, a análise estatística fatorial exploratória pode continuar.

TABELA 4 – Resultado do teste de KMO e teste de Bartlett para o ano de 2000 e 2010

(a) KMO and Bartlett's Test do ano de 2000 (b) KMO and Bartlett's Test do ano de 2010

Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy.		0,833	Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy.		0,800
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4736,439	Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	4454,442
	df	136		Df	136
	Sig.	0,000		Sig.	0,000

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Após verificação da estatística KMO, analisou-se o resultado do teste de esfericidade de Bartlett, que permite aferir se na matriz de correlação há variáveis com correlação significativa (HAIR et al., 2009). Segundo Field (2009), a análise é feita no valor da significância do teste (Sig.), sendo que este precisa ser inferior a 0,05 para que o resultado da análise fatorial possa ser utilizado. Para o ano de 2000 (Tabela 4a) e 2010 (tabela 4b) verificou-se que a significância

apresentada no teste de Bartlett, foi de 0,000, ou seja, menor que a significância de 0,05 (5%), demonstrando que o resultado da análise fatorial exploratória pode ser utilizado.

c) Matriz anti-imagem de correlação:

A matriz anti-imagem (Tabelas 5 e 6) nos fornece na parte superior os valores de covariância e na parte inferior os valores de correlação. Field (2009, p. 581) recomenda analisar os “resultados da matriz de anti-imagem de correlação, pois ela é mais informativa”.

Fávero et al. (2009, p. 242) e Field (2009) recomendam que o pesquisador analise o resultado dos valores de medida de adequação da amostra (MSA) da diagonal para cada variável. Ainda para os autores, é importante verificar se os valores estão acima de 0,5, pois se alguma variável apresentar valor abaixo de 0,5 na diagonal e alto valor fora dela, talvez haja necessidade de excluí-la do modelo.

Verifica-se nas Tabelas 5 e 6 que todas as variáveis apresentam valores acima de 0,5 na diagonal (valores em cinza), não necessitando, portanto, a exclusão de nenhuma variável na análise.

TABELA 5 – Resultado da matriz anti-imagem de correlações do ano de 2000 (matrizes de anti-imagem)

	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	
Matrizes de anti-imagem	V01	0,691	-0,228	-0,212	0,142	0,099	0,028	-0,141	0,069	0,073	0,101	-0,118	0,087	0,2	-0,062	-0,07	0,135	-0,057
	V02	-0,228	0,890	-0,241	-0,038	0,103	-0,013	0,038	-0,133	-0,081	0,008	-0,09	0,01	0,002	0,07	-0,007	-0,007	0,04
	V03	-0,212	-0,241	0,870	-0,028	-0,143	-0,138	0,059	0,016	-0,255	-0,139	-0,319	0,049	0,266	0,169	0,034	-0,178	0,003
	V04	0,142	-0,038	-0,028	0,932	0,336	-0,095	-0,163	-0,023	0,307	0,196	0,089	0,103	-0,066	-0,031	-0,116	0,102	0,083
	V05	0,099	0,103	-0,143	0,336	0,914	0,015	-0,292	0,189	0,008	0,261	-0,109	0,047	-0,076	-0,039	-0,04	-0,001	0,124
	V06	0,028	-0,013	-0,138	-0,095	0,015	0,815	0,228	-0,099	-0,016	-0,209	-0,092	-0,01	-0,01	0,034	0,139	-0,207	-0,135
	V07	-0,141	0,038	0,059	-0,163	-0,292	0,228	0,671	-0,409	-0,088	-0,855	0,03	-0,539	0,095	0,096	0,485	-0,102	-0,137
	V08	0,069	-0,133	0,016	-0,023	0,189	-0,099	-0,409	0,835	-0,012	-0,02	0,261	-0,14	-0,406	-0,019	0,134	-0,098	-0,034
	V09	0,073	-0,081	-0,255	0,307	0,008	-0,016	-0,088	-0,012	0,908	0,286	0,071	0,087	-0,054	-0,495	-0,05	-0,058	-0,306
	V10	0,101	0,008	-0,139	0,196	0,261	-0,209	-0,855	-0,02	0,286	0,684	-0,103	0,641	0,033	-0,175	-0,625	0,163	0,164
	V11	-0,118	-0,09	-0,319	0,089	-0,109	-0,092	0,03	0,261	0,071	-0,103	0,881	-0,259	-0,604	-0,223	0,077	-0,234	-0,25
	V12	0,087	0,01	0,049	0,103	0,047	-0,01	-0,539	-0,14	0,087	0,641	-0,259	0,713	-0,016	-0,028	-0,828	0,142	0,075
	V13	0,2	0,002	0,266	-0,066	-0,076	-0,01	0,095	-0,406	-0,054	0,033	-0,604	-0,016	0,872	-0,001	-0,065	0,028	-0,058
	V14	-0,062	0,07	0,169	-0,031	-0,039	0,034	0,096	-0,019	-0,495	-0,175	-0,223	-0,028	-0,001	0,925	0,119	-0,151	-0,054
	V15	-0,07	-0,007	0,034	-0,116	-0,04	0,139	0,485	0,134	-0,05	-0,625	0,077	-0,828	-0,065	0,119	0,667	-0,18	-0,263
	V16	0,135	-0,007	-0,178	0,102	-0,001	-0,207	-0,102	-0,098	-0,058	0,163	-0,234	0,142	0,028	-0,151	-0,18	0,870	0,399
	V17	-0,057	0,04	0,003	0,083	0,124	-0,135	-0,137	-0,034	-0,306	0,164	-0,25	0,075	-0,058	-0,054	-0,263	0,399	0,915

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

TABELA 6 – Resultado da matriz anti-imagem de correlações do ano de 2010 (matrizes de anti-imagem)

	V01	V02	V03	V04	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	
Matrizes de anti-imagem	V01	0,575	-0,688	-0,289	0,074	0,087	0,061	-0,176	0,148	0,329	0,148	-0,022	-0,162	0,076	-0,048	0,112	-0,194	-0,064
	V02	-0,688	0,713	-0,196	0,042	-0,041	-0,068	-0,004	-0,03	-0,135	-0,011	-0,029	0,13	-0,005	0,069	-0,093	0,117	-0,03
	V03	-0,289	-0,196	0,763	0,001	-0,124	-0,144	0,157	-0,12	-0,267	-0,155	-0,27	0,085	0,242	-0,15	-0,102	0,135	0,109
	V04	0,074	0,042	0,001	0,944	0,182	-0,102	-0,021	-0,034	0,292	0,04	0,224	0,09	-0,008	0,003	-0,029	0,044	-0,177
	V05	0,087	-0,041	-0,124	0,182	0,917	0,104	-0,15	0,138	-0,282	0,034	0,032	-0,039	-0,09	0,044	0,093	-0,281	-0,214
	V06	0,061	-0,068	-0,144	-0,102	0,104	0,562	0,185	-0,09	0,076	-0,105	0,036	-0,091	-0,026	-0,047	0,06	-0,565	-0,041
	V07	-0,176	-0,004	0,157	-0,021	-0,15	0,185	0,75	-0,411	-0,045	-0,721	-0,069	-0,363	0,132	0,085	0,228	0,185	-0,057
	V08	0,148	-0,03	-0,12	-0,034	0,138	-0,09	-0,411	0,772	0,064	-0,225	0,304	-0,059	-0,448	0,022	0,244	-0,182	-0,287
	V09	0,329	-0,135	-0,267	0,292	-0,282	0,076	-0,045	0,064	0,869	0,203	0,191	-0,076	-0,048	-0,259	0,07	-0,208	-0,324
	V10	0,148	-0,011	-0,155	0,04	0,034	-0,105	-0,721	-0,225	0,203	0,783	-0,031	0,355	0,145	-0,062	-0,43	-0,06	0,28
	V11	-0,022	-0,029	-0,27	0,224	0,032	0,036	-0,069	0,304	0,191	-0,031	0,786	0,008	-0,826	-0,002	0,076	0,119	-0,013
	V12	-0,162	0,13	0,085	0,09	-0,039	-0,091	-0,363	-0,059	-0,076	0,355	0,008	0,797	-0,155	-0,043	-0,785	0,017	-0,047
	V13	0,076	-0,005	0,242	-0,008	-0,09	-0,026	0,132	-0,448	-0,048	0,145	-0,826	-0,155	0,782	-0,018	-0,145	-0,072	0,121
	V14	-0,048	0,069	-0,15	0,003	0,044	-0,047	0,085	0,022	-0,259	-0,062	-0,002	-0,043	-0,018	0,964	-0,053	0,01	-0,039
	V15	0,112	-0,093	-0,102	-0,029	0,093	0,06	0,228	0,244	0,07	-0,43	0,076	-0,785	-0,145	-0,053	0,756	-0,126	-0,303
	V16	-0,194	0,117	0,135	0,044	-0,281	-0,565	0,185	-0,182	-0,208	-0,06	0,119	0,017	-0,072	0,01	-0,126	0,590	0,402
	V17	-0,064	-0,03	0,109	-0,177	-0,214	-0,041	-0,057	-0,287	-0,324	0,28	-0,013	-0,047	0,121	-0,039	-0,303	0,402	0,829

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

#### d) Comunalidade

A comunalidade (Tabelas 7 e 8) “representa o percentual de explicação que uma variável obteve pela AF, ou seja, quanto todos os fatores juntos são capazes de explicar uma variável” (BEZERRA, 2009, p. 90). “Inicialmente os valores são iguais a 1; após a extração, os valores variaram de 0 e 1, sendo mais próximas de 0 quando os fatores comuns explicam baixa ou nenhuma variância da variável, e 1 quando toda a variância é explicada por todos os fatores” (FÁVERO et al., 2009, p. 255). Para análise da comunalidade levam-se em conta os valores apresentados por Hair et al. (2009), que consideram que a variável tem explicação suficiente se apresentar valores acima de 0,5.

TABELA 7 – Resultado das comunalidades do ano de 2000

Variável	Initial	Extraction
V01	1,00	0,795
V02	1,00	0,584
V03	1,00	0,751
V04	1,00	0,727
V05	1,00	0,608
V06	1,00	0,726
V07	1,00	0,914
V08	1,00	0,880
V09	1,00	0,890
V10	1,00	0,912
V11	1,00	0,933
V12	1,00	0,902
V13	1,00	0,868
V14	1,00	0,749
V15	1,00	0,821
V16	1,00	0,659
V17	1,00	0,829

TABELA 8 – Resultado das comunalidades do ano de 2010

Variável	Initial	Extraction
V01	1	0,846
V02	1	0,861
V03	1	0,725
V04	1	0,668
V05	1	0,64
V06	1	0,818
V07	1	0,926
V08	1	0,875
V09	1	0,792
V10	1	0,925
V11	1	0,64
V12	1	0,903
V13	1	0,78
V14	1	0,557
V15	1	0,844
V16	1	0,847
V17	1	0,697

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Percebe-se nas Tabelas 7 e 8 que todos os valores estão acima de 0,5, ou seja, todas as variáveis juntas ajudam a explicar os resultados obtidos na análise fatorial. Para o ano de 2000, a variável que mais representa a análise fatorial exploratória é a variável V11 (Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados), com 0,933 (93%). No ano de 2010, a variável mais explicativa é a V07 (Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos), com 0,926 (93%).

e) Determinação do número de fatores para representação das variáveis

Para determinação do número de fatores que representam o conjunto de variáveis, este estudo (Tabelas 9 e 10) utiliza o “critério da raiz latente”, que extrai os fatores com autovalores acima de 1 e descarta os inferiores (HAIR et al., 2009; FÁVERO et al., 2009).

TABELA 9 – Resultado da variância total explicada do ano de 2000

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	8,161	48,003	48,003	8,161	48,003	48,003	5,424	31,905	31,905
2	2,732	16,069	64,072	2,732	16,069	64,072	4,165	24,5	56,406
3	1,613	9,485	73,557	1,613	9,485	73,557	2,065	12,147	68,552
4	1,043	6,133	79,69	1,043	6,133	79,69	1,893	11,138	79,69
5	0,693	4,074	83,765						
6	0,607	3,573	87,338						
7	0,459	2,703	90,041						
8	0,411	2,42	92,461						
9	0,332	1,95	94,411						
10	0,257	1,511	95,922						
11	0,203	1,195	97,117						
12	0,152	0,893	98,011						
13	0,132	0,776	98,787						
14	0,081	0,475	99,262						
15	0,069	0,406	99,668						
16	0,042	0,245	99,912						
17	0,015	0,088	100						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

TABELA 10– Resultado da variância total explicada do ano de 2010

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	7,095	41,737	41,737	7,095	41,737	41,737	5,307	31,219	31,219
2	2,362	13,892	55,629	2,362	13,892	55,629	3,732	21,954	53,172
3	2,235	13,148	68,777	2,235	13,148	68,777	2,5	14,706	67,878
4	1,652	9,716	78,493	1,652	9,716	78,493	1,805	10,615	78,493
5	0,928	5,458	83,951						
6	0,603	3,544	87,495						
7	0,499	2,937	90,432						
8	0,364	2,141	92,573						
9	0,296	1,74	94,313						
10	0,265	1,556	95,869						
11	0,201	1,182	97,051						
12	0,173	1,017	98,068						
13	0,112	0,658	98,726						
14	0,093	0,548	99,274						
15	0,058	0,338	99,613						
16	0,04	0,238	99,85						
17	0,025	0,15	100						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Seguindo a sugestão de Hair et al. (2009) e Fávero et al. (2009), adotou-se o critério da raiz latente e foram obtidos quatro fatores com autovalores acima de 1 (Tabelas 9 e 10). Para

conferência da quantidade de fatores extraídos, utilizou-se o valor da percentagem de variância que explica cada variável. Para o ano de 2000, o quarto fator representa 79,69% de variância acumulada, e para o ano de 2010 o quarto fator é representado por 78,49% de variância acumulada.

f) Matriz de componentes rotacionada (carga fatorial)

A matriz de componentes rotacionada fornece as variáveis que compõem cada fator (Tabelas 11 e 12). Ao rotacionar a matriz de componentes, os valores das cargas fatoriais são extremados e cada variável pertence a um fator. (FÁVERO et al., 2009).

Este estudo adotou o método de rotação varimax, pois “é o mais utilizado e busca minimizar o número de variáveis que têm altas cargas em um fator, simplificando interpretação dos fatores” (FÁVERO et al., 2009, p. 244).

TABELA 11 – Resultado da matriz dos componentes rotacionada (2000) (*rotated component matrix*)

Variáveis	Rotated component matrix			
	1	2	3	4
<b>V01</b>	-0,018	-0,084	-0,089	0,883
<b>V02</b>	0,19	-0,021	0,266	0,691
<b>V03</b>	0,216	-0,298	0,508	0,598
<b>V04</b>	-0,532	0,554	-0,252	-0,27
<b>V05</b>	0,530	-0,51	0,233	0,112
<b>V06</b>	0,015	-0,054	0,845	0,091
<b>V07</b>	-0,045	0,946	-0,128	-0,03
<b>V08</b>	0,091	0,926	-0,042	-0,109
<b>V09</b>	0,569	-0,648	0,311	0,221
<b>V10</b>	-0,225	0,923	-0,096	-0,024
<b>V11</b>	0,830	-0,3	0,331	0,211
<b>V12</b>	0,949	0,024	-0,023	0,021
<b>V13</b>	0,895	-0,101	0,235	-0,023
<b>V14</b>	0,636	-0,432	0,36	0,172
<b>V15</b>	0,895	0,125	-0,048	0,05
<b>V16</b>	0,354	-0,257	0,677	0,097
<b>V17</b>	0,819	-0,322	0,132	0,192

TABELA 12 – Resultado da matriz dos comp. rotacionada (2010) (*rotated comp. matrix*)

Variáveis	Rotated component matrix			
	1	2	3	4
<b>V01</b>	0,008	0,024	0,919	-0,034
<b>V02</b>	0,107	-0,059	0,919	-0,046
<b>V03</b>	0,15	-0,191	0,809	0,11
<b>V04</b>	-0,643	0,429	-0,245	-0,106
<b>V05</b>	0,651	-0,434	0,106	0,13
<b>V06</b>	-0,003	-0,016	0,042	0,903
<b>V07</b>	-0,125	0,94	-0,009	-0,166
<b>V08</b>	-0,037	0,923	-0,144	0,026
<b>V09</b>	0,609	-0,638	0,06	0,1
<b>V10</b>	-0,319	0,906	-0,026	-0,032
<b>V11</b>	0,745	-0,238	0,163	0,043
<b>V12</b>	0,948	0,016	0,038	0,037
<b>V13</b>	0,858	-0,147	-0,044	0,146
<b>V14</b>	0,564	-0,438	0,16	0,144
<b>V15</b>	0,913	0,058	0,052	0,058
<b>V16</b>	0,152	-0,173	-0,028	0,891
<b>V17</b>	0,762	-0,228	0,026	-0,252

Extraction method: principal component analysis

Rotation method: varimax with kaiser normalization

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

De acordo com Hair et al. (2009), Fávero et al. (2009) e Field (2009), para fazer a separação das variáveis que compõem cada fator, observa-se o valor da carga fatorial de cada variável (Tabela 11 e 12) e considera-se o maior valor em cada fator. Por fim, com as variáveis definidas em cada fator, foram obtidos os quatro fatores (Quadros 8 e 9).

QUADRO 8 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social, ano de 2000

<b>Fator 1: vulnerabilidade social referente à alfabetização</b>	
V05 – Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores	
V11 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados	
V12 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com idade igual ou maior que 65 anos	
V13 – Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes	
V14 – Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 12 anos de idade	
V15 – Percentual de pessoas não alfabetizadas com idade igual ou maior que 65 anos	
V17 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até três salários mínimos	
<b>Fator 2: vulnerabilidade social referente aos responsáveis pelos domicílios e idade</b>	
V04 – Percentual de domicílios particulares permanentes alugados	
V07 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos	
V08 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos	
V09 – Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade	
V10 – Percentual de pessoas com idade igual ou maior que 65 anos	
<b>Fator 3: vulnerabilidade social referente à renda</b>	
V06 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade	
V16- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal	
<b>Fator 4: vulnerabilidade social referente à infraestrutura básica da moradia</b>	
V01 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral	
V02 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem escoamento sanitário	
V03- Percentual de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo	

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

QUADRO 9 – Composição dos fatores de vulnerabilidade social, ano de 2010

<b>Fator 1: vulnerabilidade social referente à alfabetização</b>	
V04 – Percentual de domicílios particulares permanentes alugados	
V05 – Percentual de domicílios particulares permanentes com mais de quatro moradores	
V11 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados	
V12 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes não alfabetizados com idade igual ou maior que 65 anos	
V13 – Percentual de mulheres não alfabetizadas responsáveis por domicílios particulares permanentes	
V14 – Percentual de pessoas não alfabetizadas entre 5 e 12 anos de idade	
V15 – Percentual de pessoas não alfabetizadas com idade igual ou maior que 65 anos	
V17 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com rendimento nominal mensal de até três salários mínimos <i>Continua</i>	
<b>Fator 2: vulnerabilidade social referente aos responsáveis pelos domicílios e idade</b>	
V07 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos	
V08 – Percentual de mulheres responsáveis por domicílios particulares permanentes com idade igual ou maior que 65 anos	
V09 – Percentual de pessoas entre 0 e 12 anos de idade	
V10 – Percentual de pessoas com idade igual ou maior que 65 anos	
<b>Fator 3: vulnerabilidade social referente à infraestrutura básica da moradia</b>	
V01 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem abastecimento de água da rede geral	
V02 – Percentual de domicílios particulares permanentes sem escoamento sanitário	
V03- Percentual de domicílios particulares permanentes sem coleta de lixo	
<b>Fator 4: vulnerabilidade social referente à renda</b>	
V06 – Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes entre 10 e 19 anos de idade	
V16- Percentual de responsáveis por domicílios particulares permanentes sem rendimento nominal mensal	

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para definição do nome para o fator que representa o conjunto de variáveis (Quadros 9 e 10) recorreu-se à proposta de Hair et al. (2009, p. 136), segundo a qual o nome pode ser atribuído com base nas “cargas fatoriais significativas” (Tabelas 11 e 12), ou seja, as “variáveis com cargas maiores influenciarão mais na definição do nome do fator ao qual pertencem, enquanto que as variáveis com valores menores não terão influência”.

### 3.3.4.1.3 Projeção dos fatores de vulnerabilidade social para o ano de 2018

A ideia de projeção dos dados de vulnerabilidade social surgiu da necessidade de trabalhar com dados socioeconômicos para o momento recente (2018), tendo em vista que o censo demográfico ocorre a cada dez anos e quando se realizam análise temporais, principalmente em áreas urbanas, percebe-se que no período de dez anos muitas transformações ocorrem. Diante das transformações que ocorrem nas cidades, principalmente relacionadas às questões socioeconômicas, a projeção contribui para diminuir essa lacuna nos dados e para que os gestores urbanos tenham condições de visualizar a situação futura da cidade em relação as suas vulnerabilidades, podendo atuar para o aumento da resiliência da população e com isso diminuir os danos caso ocorra um desastre.

Para Stoto (1983, p. 13, tradução minha) projeção é definida como “projeções populacionais são extrações matemáticas simples das tendências atuais e suposições sobre o futuro”; são consideradas como previsões, ou seja, são informações sobre o que provavelmente ocorrerá, considerando dados passados.

Encontrou-se na literatura diferentes métodos para projeção populacional: o método dos coeficientes (AiBi), utilizado pelo IBGE (2018) para estimar os dados populacionais dos municípios brasileiros e do Distrito Federal; método ProjPeq, apresentado por Jannuzzi (2007); método de componentes de corte e *ratio methods* (métodos de razão), apresentado no trabalho de Santos e Barbieri (2015); método Lee-Carter (LC) e modelo bayesiano (de Girosi e King) apresentado em Guimarães (2014); método geométrico, aritmético e curva logística, apresentado por Tsutiya (2006) e Heller e Pádua (2010).

Essas diferentes possibilidades foram consideradas para elaborar a projeção de dados populacionais e a vulnerabilidade social de Governador Valadares para o ano que não possui dados do censo demográfico. Com isso, objetiva-se dar um passo inicial para que novas metodologias de projeção de vulnerabilidade sejam criadas, com intuito de apresentar dados mais atuais para possibilitar a compreensão da dinâmica da cidade ao longo do tempo. Pois

considerando os dados de projeção, os gestores terão condições de acompanhar as alterações ocorridas com relação à vulnerabilidade social para atuar nos locais que necessitam de maior atenção.

Ao utilizar essa ideia metodológica (estimar os dados para 2018), tem-se como intuito também preencher a ausência de dados para os anos que não têm pesquisa censitária, dado que o censo demográfico brasileiro é realizado a cada dez anos. Considerando que toda proposta metodológica precisa ser validada, escolheu-se o ano de 2018 para que o resultado pudesse ser validado em campo e estatisticamente. Lembrando que quanto maior o intervalo temporal, maior será a probabilidade de erros no modelo de projeção. A ideia geral dessa proposta foi projetar os dados para o período intercenso, definindo o ano de 2018 para validação em campo, pois caso a validação apresente bons resultados, entende-se que essa metodologia terá condições de ser reaplicada para outros anos (ano de 2020<sup>20</sup>, por exemplo), considerando o limite máximo de projeção apresentado em Heller e Pádua (2010).

Para realizar a projeção da vulnerabilidade social para 2018, utilizou-se a equação matemática denominada “método geométrico”, apresentada por Tsutiya (2006, p. 60), Heller e Pádua (2010, p. 111) e Stoto (1984), a partir dos seguintes cálculos:

a) Taxa de crescimento geométrico, a partir da fórmula:

$$Kg = (\ln P_2 - \ln P_1) / (t_2 - t_1)$$

b) Expressão final para o cálculo da projeção:

$$Pt = P_2 \cdot e^{kg \cdot (t-t_2)}$$

Onde:

$Kg$  = Taxa de crescimento geométrico

$P_1$  e  $P_2$  = Fator do ano de 2000 e fator do ano de 2010

$t_1$  e  $t_2$  = ano inicial (2000) e final (2010) dos dados utilizados

$t$  = ano da projeção (2018)

$Pt$  = Projeção dados para o ano  $t$  (2018)

---

<sup>20</sup> Em decorrência da pandemia do COVID-19 no ano de 2020, o Censo demográfico de 2020 do IBGE, foi adiado para o ano de 2021. Para maiores informações, acessar: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques/27161-censo-2020-adiado-para-2021.html>

De acordo com Tsutiya (2006, p. 59) o método geométrico “considera para iguais períodos de tempo a mesma porcentagem de aumento populacional”. Segundo Heller e Pádua (2010, p. 112), esse método “é utilizado para estimativas de menor prazo” – 10 anos.

Stoto (1984) comparou métodos complexos e métodos simples para projeção populacional, e verificou que para alguns propósitos os métodos simples, como o método geométrico, apresentaram melhores resultados quando comparados com os resultados dos outros métodos (*component method for large scale regions*). O autor aponta ainda que não foi feito o teste para períodos superiores há dez anos, mas reforça “para projeções de população total de curto prazo, a projeção geométrica simples fornece resultados mais precisos do que o método de componentes mais complicado”. (STOTO, 1984, p. 18, tradução minha).

Lembra-se que qualquer método utilizado para projeção é passível de erros, pois, conforme afirma Waldvogel e Capassi (1998, p. 2756), “ao se realizar uma projeção populacional não é possível obter 100% de precisão no estabelecimento das tendências demográficas futuras, independentemente do tamanho da área em questão”. De acordo com Pittenger (1978 apud STOTO, 1984), a projeção é realizada considerando um contexto histórico limitado e não são inseridas no modelo de projeção mudanças inesperadas na sociedade, como as mudanças econômicas que estão ocorrendo no Brasil nestes últimos anos (2013-2019).

Portanto, trata-se de uma previsão do que pode acontecer em relação à vulnerabilidade social, caso a cidade de Governador Valadares continue na mesma tendência de 2000 e 2010, sem considerar variáveis externas (economia, saúde, educação, migração etc.), variáveis estas que podem influenciar no resultado a ser obtido no próximo censo demográfico de 2020, que levantará as informações reais da cidade considerando as influências externas que atuaram na alteração da dinâmica da cidade, seja em termos positivos, reduzindo a vulnerabilidade social, ou em termos negativos, potencializando-a.

Verifica-se, assim, que a técnica de projeção é uma ferramenta importante e necessária para o planejamento do território, principalmente das cidades que sofrem alteração constante. Deve-se observar as limitações e incertezas dessa técnica ao prever o cenário futuro. Contudo, é uma metodologia útil para estudos de vulnerabilidade social para períodos sem informações do censo demográfico. Desse modo, é fundamental continuar estudando melhorias para as metodologias de projeção de vulnerabilidade para contribuir com os gestores públicos.

### 3.3.4.1.4 Mapa dos fatores e mapa final de vulnerabilidade social de 2000, 2010 e 2018 para diferentes propostas metodológicas

Este item apresenta diferentes propostas metodológicas para elaboração da espacialização da vulnerabilidade social buscando uma metodologia que apresente bons resultados para análise de vulnerabilidade social com representação espacial diferente da forma tradicional (método coroplético ou, como é tradicionalmente conhecido, representação por área). Ademais, é importante observar a pouca quantidade de estudos de risco de desastre que considerem a vulnerabilidade social representada a partir da interpolação.

A *primeira proposta metodológica* tem como resultado o mapa de vulnerabilidade social representado por setor censitário<sup>21</sup> (representação espacial por área, método coroplético), no qual para cada setor censitário tem-se apenas um valor de vulnerabilidade social. Para Câmara et al. (2002, p. 6), as representações por área são “usualmente delimitadas por polígonos fechados onde se supõe haver homogeneidade interna, ou seja, mudanças importantes só ocorrem nos limites”.

A *segunda e a terceira proposta metodológica* surgiram com intuito de tentar contribuir para análise de vulnerabilidade social em que a representação espacial desse mapeamento não seja apenas pelo método coroplético (considerando o limite do setor censitário – exemplo da primeira proposta), mas utilizar a **interpolação** (análise espacial de superfície contínua), pois, conforme apontado por Câmara et al. (2004),

a ideia de modelos contínuos para dados socioeconômicos decorre do fato de que os levantamentos censitários muitas vezes impõem limites de áreas a partir de critérios puramente operacionais, que não têm relação direta com o fenômeno modelado. Este fato leva à ideia de dissolver os limites das áreas em superfícies contínuas, de forma a modelar melhor a real continuidade, por exemplo, setores censitários em regiões urbanas densamente povoadas. (CÂMARA et al., 2004, p. 37)

Além da observação de Câmara (2004), Jakob (2002, p. 1) lembra que na utilização de mapa com representação por área, “todo o município assumirá um valor único, e seu vizinho outro valor único. E o contraste entre estes pode ser enorme, fazendo com que o mapa final se pareça com uma verdadeira colcha de retalhos”. Diante disso, Jakob (2002, p. 1) sugere o uso da interpolação, “pois os valores intermediários dos dados são preservados, e o resultado final

---

<sup>21</sup> A ideia de representação espacial de vulnerabilidade social pelo método de representação por área poder ser verificada nos estudos realizados por Cutter, Boruff e Shyrlie (2003), Deschamps (2004), Almeida (2010), Nascimento (2011), Alcântara (2012), Dias (2013), Dutra Júnior (2015), Rezende (2016), Bortoletto (2017), Hummell, Cutter e Emrich (2016), Hummell (2017), entre outros.

é uma superfície contínua de dados mais suavizados, minimizando os contrastes entre os polígonos”. Jakob e Young (2006, p. 7), por sua vez, notam que a interpolação é “utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região”.

Ainda para Jakob e Young (2006, p. 3), os métodos de interpolação espacial tem se tornado uma ferramenta útil “para eliminar o chamado ‘efeito mosaico’ ou ‘efeito xadrez’ presentes em geral na visualização de mapas temáticos e para chamar a atenção para as principais concentrações espaciais de determinado atributo, suavizando suas diferenças”. Além de eliminar o efeito “colcha de retalhos” (JAKOB, 2002), a representação a partir de superfície contínua enriquece a interpretação dos dados (ABREU et al., 2011).

Diante das considerações dos autores citados acima e considerando que a inundação tem uma distribuição espacial contínua, este item apresenta algumas possibilidades de mapeamento de vulnerabilidade social em que sua representação tenha uma continuidade espacial ao longo da área urbana, pois os valores são interpolados considerando um dado pontual e não mais um dado de área. Optou-se por utilizar o interpolador spline (método determinístico) e a krigagem ordinária (método estocástico).

Não se utilizou o interpolador *inverse distance weighting* (IDW), pois uma das desvantagens desse método “é a geração de efeito mira, ou ‘bull’s eye’ em inglês, ao redor dos pontos observados” (MAZZINI; SCHETTINI, 2009, p. 57). O spline é um método de interpolação muito utilizado atualmente. Sua escolha para esta pesquisa justifica-se porque Lucas et al. (2013) e Jakob e Young (2006) verificaram que ele apresentou melhores resultados que o IDW.

Ressalta-se ainda que para a proposta de mapeamento de vulnerabilidade social considerando a interpolação espacial se baseia nas ideias apresentadas por Câmara et al. (2002, 2004), Abreu et al. (2011), Jakob (2002), Jakob e Young (2006) e Macedo et al. (2015). Este item apresenta o detalhamento das propostas metodológicas utilizadas para elaboração dos mapas de vulnerabilidade social. Vale lembrar que todas as propostas metodológicas foram realizadas considerando os escores da análise fatorial exploratória (item 3.3.3).

#### **a) Primeira proposta metodológica: vulnerabilidade social representada por área**

Para elaboração da primeira proposta metodológica, considerou-se o resultado dos quatro fatores resultantes da análise fatorial exploratória (apresentado nos Quadros 9 e 10); na sequência, os fatores dos anos de 2000 e 2010 foram normalizados para a escala de análise

de vulnerabilidade social, representada por zero a um, conforme proposta de Alcântara (2012):

$$\text{Normalização} = \frac{(\text{Variável a ser normalizada} - \text{valor mínimo})}{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}$$

Quanto mais próximo de um, maior a vulnerabilidade social, e quanto mais próximo de zero, menor será a vulnerabilidade social da área analisada.

Os valores normalizados de 2000 e 2010 em planilha eletrônica e o resultado da projeção de 2018 foram importados para o software QGis, para realização da união com a camada vetorial dos setores censitários. Tendo em vista que os fatores serão analisados inicialmente de forma individual, fez-se a exportação de cada fator em formato vetorial para posterior elaboração do mapa temático de vulnerabilidade social por fator e os valores foram reclassificados de acordo com os intervalos da Tabela 13, considerando o método de quebras naturais (Jenks) no software Arcgis.

TABELA 13 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social, por setor, anos de 2000, 2010 e 2018

Classe	Ano 2000	Ano 2000	Ano 2000	Ano 2000
	Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04
Muito baixa	< 0,180	< 0,181	< 0,131	< 0,059
Baixa	≥ 0,180 a 0,343	≥ 0,181 a 0,280	≥ 0,131 a 0,202	≥ 0,059 a 0,098
Média	≥ 0,343 a 0,503	≥ 0,280 a 0,393	≥ 0,202 a 0,282	≥ 0,098 a 0,175
Alta	≥ 0,503 a 0,665	≥ 0,393 a 0,550	≥ 0,282 a 0,458	≥ 0,175 a 0,357
Muito alta	>0,665	>0,550	>0,458	>0,357
Classe	Ano 2010	Ano 2010	Ano 2010	Ano 2010
	Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04
Muito baixa	< 0,244	< 0,106	< 0,037	< 0,060
Baixa	≥ 0,244 a 0,443	≥ 0,106 a 0,256	≥ 0,037 a 0,079	≥ 0,060 a 0,120
Média	≥ 0,443 a 0,600	≥ 0,256 a 0,388	≥ 0,79 a 0,166	≥ 0,120 a 0,222
Alta	≥ 0,600 a 0,711	≥ 0,388 a 0,528	≥ 0,166 a 0,294	≥ 0,222 a 0,486
Muito alta	>0,711	>0,528	>0,294	>0,486
Classe	Ano 2018	Ano 2018	Ano 2018	Ano 2018
	Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04
Muito baixa	< 0,255	< 0,097	< 0,047	< 0,029
Baixa	≥ 0,255 a 0,448	≥ 0,097 a 0,256	≥ 0,047 a 0,108	≥ 0,29 a 0,072
Média	≥ 0,448 a 0,612	≥ 0,256 a 0,440	≥ 0,108 a 0,215	≥ 0,072 a 0,139
Alta	≥ 0,612 a 0,816	≥ 0,440 a 0,735	≥ 0,215 a 0,617	≥ 0,139 a 0,301
Muito alta	>0,816	>0,735	>0,617	>0,301

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para elaboração do mapa final de vulnerabilidade social, a camada vetorial de cada fator foi convertida para o formato raster e na sequência fez-se a álgebra de mapas a partir do

cálculo de média matricial na calculadora raster do Qgis. Considerando o resultado da média matricial, o arquivo foi reclassificado pelo método de quebras naturais (Jenks), no software Arcgis, em cinco classes de vulnerabilidade social (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) (Tabela 14).

TABELA 14 – Classes de vulnerabilidade social por setor, anos de 2000, 2010 e 2018

Ano 2000	Ano 2010	Ano 2018	Classe
< 0,168	< 0,136	< 0,112	Muito baixa
≥ 0,168 a 0,246	≥ 0,136 a 0,234	≥ 0,112 a 0,231	Baixa
≥ 0,246 a 0,302	≥ 0,234 a 0,310	≥ 0,231 a 0,327	Média
≥ 0,302 a 0,380	≥ 0,310 a 0,390	≥ 0,327 a 0,405	Alta
> 0,380	> 0,390	> 0,405	Muito alta

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

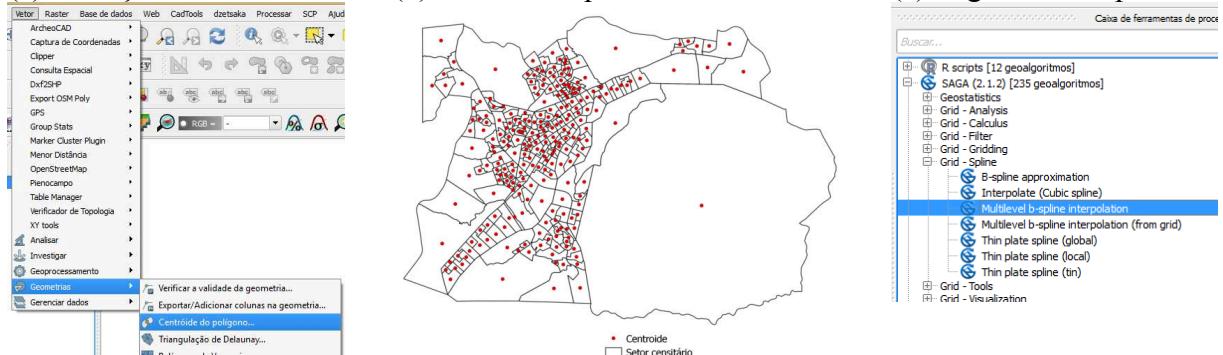
A representação espacial nessa proposta é feita por área, atribuindo apenas um valor de vulnerabilidade social para cada setor censitário.

**b) Segunda proposta metodológica: vulnerabilidade social a partir do interpolador spline**

O interpolador spline “é um método de interpolação que estima valores usando uma função matemática que minimiza a curvatura da superfície resultando em uma superfície suave que passa exatamente pelos pontos de entrada” (MARCUZZO; ANDRADE; MELO, 2012, p. 798). Esse método faz parte da função de base radial, método determinístico, exato, sua interpolação retorna uma superfície suavizada, apresenta bons resultados quando os dados apresentam pouca variação e não permite a avaliação dos erros dos valores estimados (JAKOB; YOUNG, 2006).

Para interpolação, utilizou-se o resultado dos escores da análise fatorial exploratória já normalizados para a escala zero a um. Inicialmente, extraiu-se o centroide dos setores censitários e fez-se a união com a planilha eletrônica para obtenção dos valores dos fatores de cada setor censitário. Na sequência, utilizou-se o interpolador b-spline disponível na caixa de ferramenta do software Qgis (Figura 22).

FIGURA 22 – Extração do centroide dos setores censitários e interpolação pelo b-spline  
 (a) Extração do centroide      (b) Centroides para cada setor      (c) Algoritmo b-spline



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando o resultado da interpolação, o arquivo foi reclassificado pelo método de quebras naturais (Jenks), considerando as classes de vulnerabilidade social (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) (Tabela 15). Utilizou-se o mesmo método de reclassificação e mesma quantidade de classes para que a comparação entre os anos fosse possível.

TABELA 15 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social (spline), anos de 2000, 2010 e 2018

Ano 2000	Ano 2000	Ano 2000	Ano 2000	Classe
Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04	
Alfabetização	Responsáveis e idade	Renda	Infraestrutura	
< 0,249	< 0,211	< 0,093	< 0,176	Muito baixa
≥ 0,249 a 0,374	≥ 0,211 a 0,286	≥ 0,093 a 0,181	≥ 0,176 a 0,392	Baixa
≥ 0,374 a 0,474	≥ 0,286 a 0,366	≥ 0,181 a 0,258	≥ 0,392 a 0,624	Média
≥ 0,474 a 0,600	≥ 0,366 a 0,520	≥ 0,258 a 0,420	≥ 0,624 a 0,826	Alta
>0,600	>0,520	>0,420	>0,826	Muito alta

Ano 2010	Ano 2010	Ano 2010	Ano 2010	Classe
Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04	
Alfabetização	Responsáveis e idade	Infraestrutura	Renda	
< 0,271	< 0,205	< 0,138	< 0,106	Muito baixa
≥ 0,271 a 0,400	≥ 0,205 a 0,301	≥ 0,138 a 0,334	≥ 0,106 a 0,188	Baixa
≥ 0,400 a 0,505	≥ 0,301 a 0,398	≥ 0,334 a 0,539	≥ 0,188 a 0,315	Média
≥ 0,505 a 0,630	≥ 0,398 a 0,548	≥ 0,539 a 0,713	≥ 0,315 a 0,519	Alta
>0,630	>0,548	>0,713	>0,519	Muito alta

Ano 2018	Ano 2018	Ano 2018	Ano 2018	Classe
Fator 01	Fator 02	Fator 03	Fator 04	
Alfabetização	Responsáveis e idade	Renda	Infraestrutura	
< 0,332	< 0,214	< 0,077	< 0,117	Muito baixa
≥ 0,332 a 0,514	≥ 0,214 a 0,347	≥ 0,077 a 0,182	≥ 0,117 a 0,302	Baixa
≥ 0,514 a 0,655	≥ 0,347 a 0,486	≥ 0,182 a 0,351	≥ 0,302 a 0,504	Média
≥ 0,655 a 0,802	≥ 0,486 a 0,706	≥ 0,351 a 0,618	≥ 0,504 a 0,746	Alta
>0,802	>0,706	>0,618	>0,746	Muito alta

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para obtenção do mapa final de vulnerabilidade social, fez-se a álgebra de mapas (média matricial) na calculadora raster do Qgis. Considerando o resultado da média matricial, o arquivo foi reclassificado pelo método de quebras naturais (Jenks) no software Arcgis em cinco classes (Tabela 16).

**TABELA 16 – Classes de vulnerabilidade social (spline), anos de 2000, 2010 e 2018**

<b>Ano 2000</b>	<b>Ano 2010</b>	<b>Ano 2018</b>	<b>Classe</b>
< 0,200	< 0,186	< 0,158	Muito baixa
≥ 0,200 a 0,261	≥ 0,186 a 0,254	≥ 0,158 a 0,265	Baixa
≥ 0,261 a 0,310	≥ 0,254 a 0,312	≥ 0,265 a 0,371	Média
≥ 0,310 a 0,366	≥ 0,312 a 0,376	≥ 0,371 a 0,477	Alta
≥ 0,366	≥ 0,376	≥ 0,477	Muito alta

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

**c) Terceira proposta metodológica: vulnerabilidade social a partir de krigagem ordinária**

A *terceira proposta metodológica* objetiva verificar a possibilidade de utilizar a krigagem ordinária para dados de vulnerabilidade social. A krigagem “é um método geoestatístico que leva em consideração as características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas” (LANDIM, 2000, p. 9). Ainda para Yamamoto e Landim (2013) e Landim (2006), é o método de estimativa local, mais exato, com predição de erros, leva em consideração a continuidade espacial e não exige que os dados tenham distribuição normal. Porém, caso seja verificada uma distribuição assimétrica, é necessário atenção, uma vez que a krigagem é um estimador linear. A estimativa para os pontos não amostrados ocorre através da combinação linear dos valores dos pontos mais próximos.

Segundo Camargo, Fucks e Câmara (2004, p. 11) a diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação “é a estimação de uma matriz de covariância espacial que determina os pesos atribuídos às diferentes amostras, o tratamento da redundância dos dados, a vizinhança a ser considerada no procedimento inferencial e o erro associado ao valor estimado”.

Trata-se de um método mais trabalhoso, com requisitos obrigatórios para sua aplicação, necessita de um tempo maior para execução dos procedimentos técnicos, e é necessário realizar de forma minuciosa o ajuste do semivariograma, até encontrar o modelo mais adequado para os dados. Já em outros métodos de interpolação, como o spline, a execução técnica é mais simples.

Para a utilização da krigagem ordinária, deve ser realizada a análise estatística descritiva (coeficiente de assimetria e curtose), análise estatística espacial (análise de distribuição e análise de tendência) e, por fim, análise do comportamento espacial, com o ajuste do semivariograma (ALMEIDA, 2016).

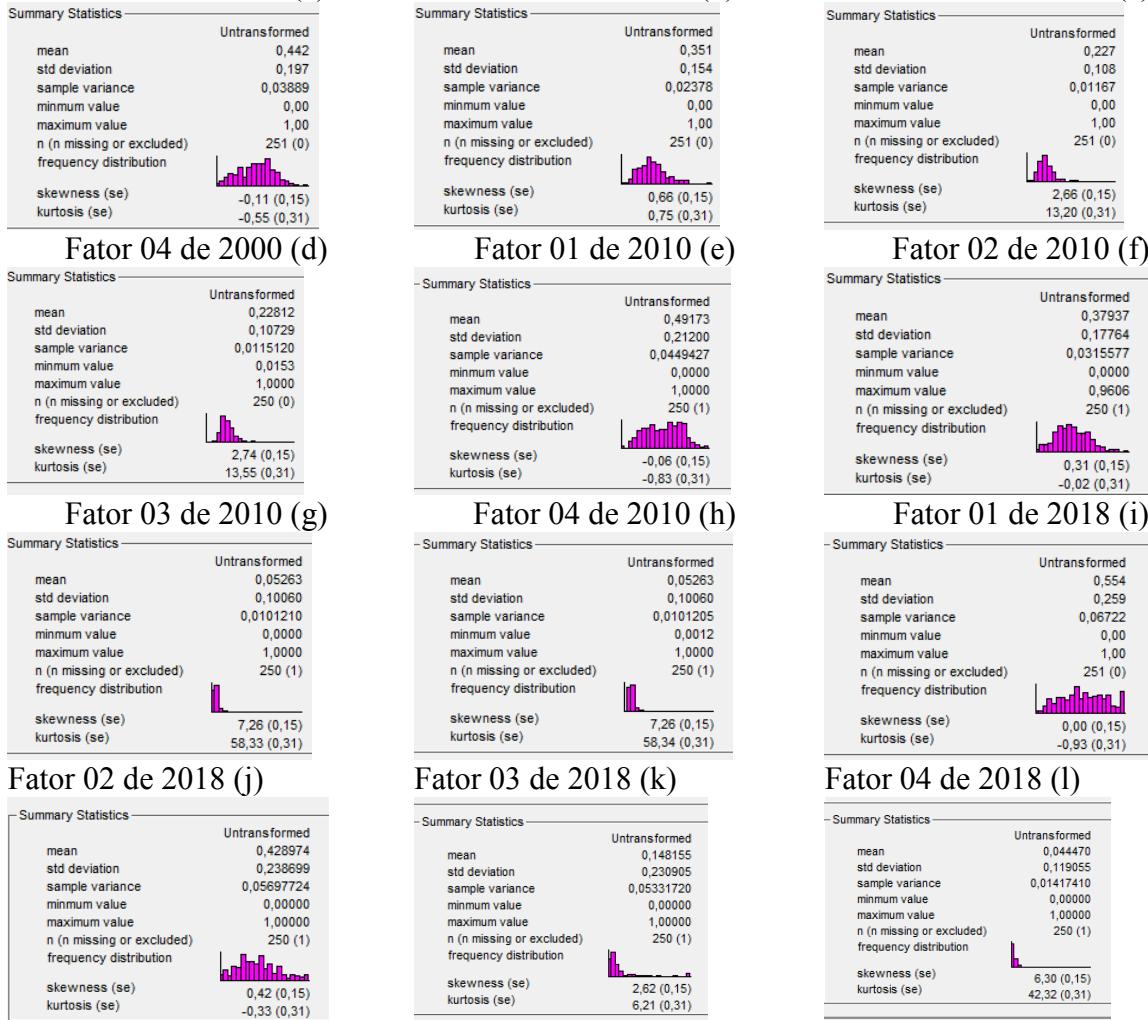
Inicialmente, realizou-se a análise estatística descritiva nos dados para verificação da média, *outlier*, mínimo e máximo, normalidade; na sequência, fez-se análise descritiva espacial para verificação da assimetria, distribuição e tendência nos dados.

Foi constatado a existência de *outlier* para fator 3 e 4 de ambos os anos. Entretanto, após análise minuciosa, decidiu-se por não retirar os dados extremos, pois se referem ao setores considerados de vulnerabilidade muito alta, localizados numa mínima quantidade de setores, e por isso ao serem analisados foram considerados extremos em relação à maioria dos dados que estão na classe de vulnerabilidade baixa a média. Ressalta-se que essa análise é primordial, e ao detectar valores extremos, caso não tenham uma justificativa aceitável para não serem excluídos, a decisão de retirá-los do conjunto de dados é fundamental para o bom ajuste do modelo.

A Figura 23 (a-l) apresenta o resultado da análise descritiva, realizada no software GS+. Em relação à assimetria, sua verificação é extremamente importante para definição correta do tipo de modelo a ser utilizado. Ao constatar assimetria acentuada à direita, pode-se utilizar estimadores robustos em substituição do estimador de semivariância de Matheron ou realizar a transformação dos dados (CRESSIE; HAWKINS, 1980).

As imagens mostram a existência de assimetria acentuada à direita (Figura 23 c, d, g, h, k, l). Nas demais figuras, não houve existência de assimetria acentuada para os dados. Ambos os resultados permitem utilizar a krigagem ordinária. Mas para os fatores que apresentaram assimetria acentuada à direita optou-se por não realizar nenhuma transformação nos dados, seguindo os estudos de Almeida (2016), que utilizou o modelo robusto para ajuste do semivariograma para esse tipo de comportamento estatístico.

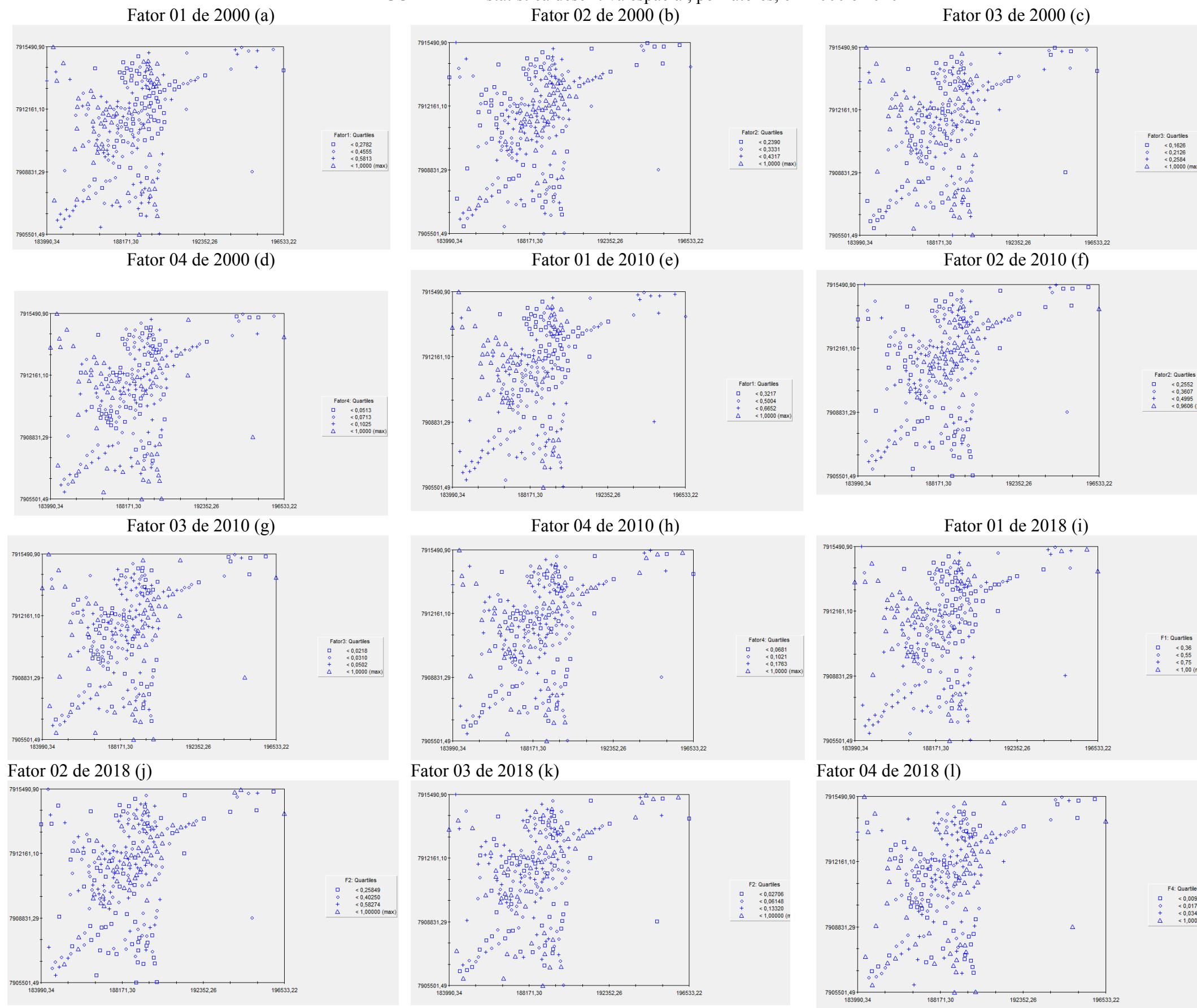
FIGURA 23 – Estatística descritiva dos fatores para verificação de assimetria, por fator  
Fator 01 de 2000 (a) Fator 02 de 2000 (b) Fator 03 de 2000 (c)



Fonte: A autora, a partir do software GS+.

A próxima verificação a ser feita trata-se da estatística descritiva espacial, com a análise da distribuição dos dados e possível existência de tendência para a direção (X,Y), conforme pode ser visto na Figura 24.

FIGURA 24 – Estatística descritiva espacial, por fatores, em 2000 e 2010



Fonte: A autora, a partir do software GS+.

Considerando a importância de não existir tendência nos dados para utilização de geoestatística (GUIMARÃES, 2004), verifica-se na Figura 24 a não ocorrência de tendência nos dados, o que permite utilizar a krigagem ordinária para esse conjunto de informações, pois os dados estão bem distribuídos ao longo da área de análise e não apresentam nenhuma tendência para uma das direções (X ou Y).

Em seguida, constatou-se a existência de dependência espacial a partir do semivariograma. Nessa etapa, é feito o ajuste do modelo (Figura 25) pelo método manual, considerando o resultado do ajuste que apresenta os melhores parâmetros. Para os fatores 01 e 02 (ano de 2000, 2010 e 2018), utilizou-se o software GS+<sup>22</sup> para ajuste do modelo de semivariograma pelo estimador de Matheron, já para os fatores 03 e 04 (ano de 2000, 2010 e 2018), utilizou-se o software R (R Core Team, 2019) e o pacote GeoR (Ribeiro Júnior e Diggle, 2001) pelo estimador robusto apresentado por Cressie e Hawkins (1980), que orientam a utilização desse estimador quando os dados apresentarem uma assimetria acentuada, pois assim os dados são estimados com mais precisão. Quando não se utiliza o estimador robusto, é necessário fazer a transformação dos dados antes de realizar a geoestatística.

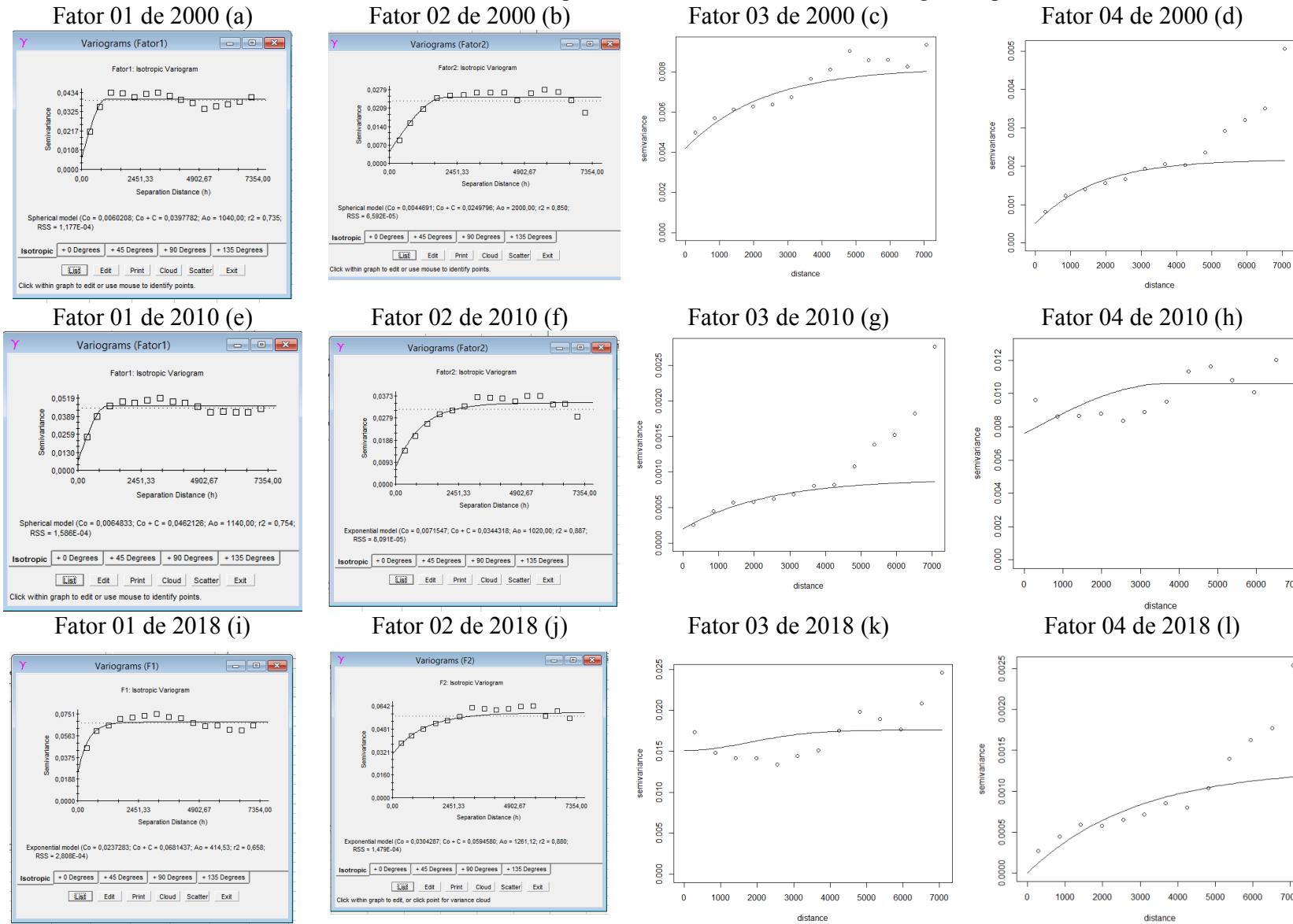
Almeida (2016) também utilizou o modelo robusto para as variáveis que apresentavam assimetria acentuada e encontrou bons resultados. Considerado o evidenciado nos trabalhos de Cressie e Hawkins (1980) e Almeida (2016), para os fatores 03 e 04 dos anos de 2000, 2010 e 2018 adotou-se o modelo robusto, disponível no software R, pacote (GeoR), para fazer o ajuste do semivariograma. Seguindo a sugestão Guimarães (2004) e a validação cruzada, ajustaram-se vários modelos e definiu-se como modelo final aquele que apresentou os melhores parâmetros, conforme Tabela 17.

Verifica-se que alguns modelos apresentaram dependência espacial fraca (03/2018 e 04/2018); mas conforme Vieira et al. (1983), só se justifica a utilização de outros métodos de interpolação espacial quando os dados apresentarem “efeito pepita puro”. Porém, os dados aqui analisados não têm essa característica, o que justifica a utilização da krigagem para a interpolação.

---

<sup>22</sup> A escolha pelo software GS+ se justifica pela facilidade em realizar o ajuste do semivariograma.

FIGURA 25 – Modelos e parâmetros de análises do semivariograma, por fator



Fonte: A autora, com imagens do software GS+ e software R.

QUADRO 10 – Parâmetros dos semivariogramas ajustados para os fatores de vulnerabilidade social

Fator	Modelo	CO (m)	C	Alcance (m)	GD (CO/CO+C)
01/2000	Esférico	0,0060208	-	1040	(0,15) Forte
02/2000	Esférico	0,0044691	-	2000	(0,18) Forte
03/2000	Exponencial	0,0042	0.004	(2293,15 *3)= 6879,45	(0,51) Moderado
04/2000	Exponencial	0.00051	0.00167	(1719,86*3)=5159,58	(0,23) Forte
01/2010	Esférico	0,0064833	-	1040	(0,14) Forte
02/2010	Exponencial	0,0071547	-	(1020 *3)= 3060	(0,20) Forte
03/2010	Exponencial	2e-04	7e-04	(2356,84 *3)= 7070,52	(0,22) forte
04/2010	Esférico	0,0076	0,003	3630.82	(0,71) moderado
01/2018	Exponencial	0,0237283	-		(0,35) moderado
02/2018	Exponencial	0,0304287	-	(1261,12 *3)=3783,36	(0,51) moderado
03/2018	Gaussiano	0,0151	0,0025	2484.25 *Raiz 3)= 4223,22	(0,85) Fraco
04/2018	Exponencial	2.2e-06	0.001282	(2866,44 *3)= 8599,32	(0,001) Forte

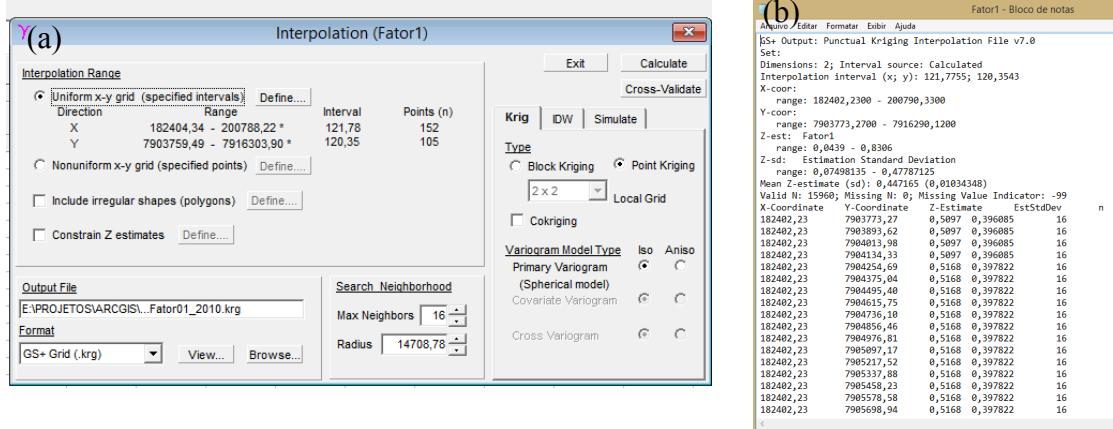
C= contribuição; Co= efeito pepita; GD= Grau de dependência espacial<sup>23</sup> (<0,25 Forte; >0,25<0,75 moderado; >0,75 < 1,00 fraco);

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

<sup>23</sup> O valor do grau de dependência espacial encontra-se em Guimarães (2004, p. 30).

Com o modelo ajustado, realizou-se a krigagem ordinária (Figura 26) e os valores estimados foram salvos em formato .txt; na sequência, foi utilizado um software de SIG para elaboração do mapa temático.

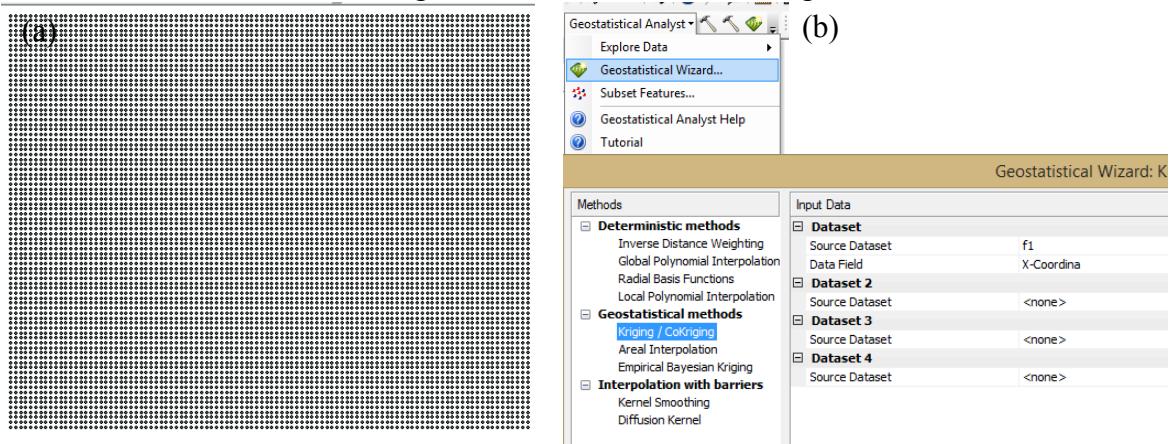
FIGURA 26 – Geração da krigagem pelo GS+ e o resultado em formato .txt



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019), com imagens do software GS+.

Os arquivos .txt foram convertidos para o formato ponto no software Qgis. Em seguida, foram importados para o software Arcgis. Depois, utilizou-se o módulo Geostatistical Wizard (Figura 27), considerando os valores resultantes da krigagem ordinária e os parâmetros de ajuste do modelo fornecidos pelo software GS+ para interpolação. Ressalte-se que ao executar essa interpolação no Arcgis os valores resultantes permanecem os mesmos do resultado do software GS+. Essa etapa é utilizada apenas para espacialização do resultado para elaboração do mapa temático.

FIGURA 27 – Grade de pontos com os valores interpolados pela krigagem e o módulo de geoestatística do software Arcgis



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019), com imagens do software ArcGis.

Considerando o resultado da interpolação, o arquivo foi reclassificado pelo método de quebras naturais (Jenks) em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) de vulnerabilidade social (Tabela 17).

TABELA 17 – Classes dos fatores de vulnerabilidade social (krigagem ordinária), anos de 2000, 2010 e 2018.

<b>Ano 2000</b> <b>Fator 01</b> Alfabetização	<b>Ano 2000</b> <b>Fator 02</b> Responsáveis e idade	<b>Ano 2000</b> <b>Fator 03</b> Renda	<b>Ano 2000</b> <b>Fator 04</b> Infraestrutura	<b>Classe</b>
< 0,232	< 0,211	< 0,183	< 0,130	Muito baixa
≥ 0,232 a 0,340	≥ 0,211 a 0,274	≥ 0,183 a 0,218	≥ 0,130 a 0,214	Baixa
≥ 0,340 a 0,448	≥ 0,274 a 0,342	≥ 0,218 a 0,257	≥ 0,214 a 0,313	Média
≥ 0,448 a 0,556	≥ 0,342 a 0,478	≥ 0,257 a 0,310	≥ 0,313 a 0,460	Alta
>0,556	>0,478	>0,310	>0,460	Muito alta

<b>Ano 2010</b> <b>Fator 01</b> Alfabetização	<b>Ano 2010</b> <b>Fator 02</b> Responsáveis e idade	<b>Ano 2010</b> <b>Fator 03</b> Infraestrutura	<b>Ano 2010</b> <b>Fator 04</b> Renda	<b>Classe</b>
< 0,300	< 0,236	< 0,094	< 0,127	Muito baixa
≥ 0,300 a 0,405	≥ 0,236 a 0,307	≥ 0,094 a 0,197	≥ 0,127 a 0,156	Baixa
≥ 0,405 a 0,511	≥ 0,307 a 0,385	≥ 0,197 a 0,311	≥ 0,156 a 0,185	Média
≥ 0,511 a 0,635	≥ 0,385 a 0,521	≥ 0,311 a 0,430	≥ 0,185 a 0,230	Alta
>0,635	>0,521	>0,430	>0,230	Muito alta

<b>Ano 2018</b> <b>Fator 01</b> Alfabetização	<b>Ano 2018</b> <b>Fator 02</b> Responsáveis e idade	<b>Ano 2018</b> <b>Fator 03</b> Renda	<b>Ano 2018</b> <b>Fator 04</b> Infraestrutura	<b>Classe</b>
< 0,377	< 0,240	< 0,117	< 0,107	Muito baixa
≥ 0,377 a 0,495	≥ 0,240 a 0,327	≥ 0,117 a 0,143	≥ 0,107 a 0,264	Baixa
≥ 0,495 a 0,600	≥ 0,327 a 0,408	≥ 0,144 a 0,167	≥ 0,264 a 0,428	Média
≥ 0,600 a 0,725	≥ 0,408 a 0,510	≥ 0,167 a 0,200	≥ 0,428 a 0,611	Alta
>0,725	>0,510	>0,200	>0,611	Muito alta

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Para obtenção do mapa final de vulnerabilidade social fez-se a álgebra de mapas a partir do cálculo de média matricial na calculadora raster do Qgis. Considerando o resultado da média matricial o arquivo foi reclassificado em cinco classes (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) de vulnerabilidade social pelo método de quebras naturais (Jenks), conforme valores da Tabela 18.

TABELA 18 – Classes de vulnerabilidade social (krig. ordinária), anos de 2000, 2010 e 2018

<b>Ano 2000</b>	<b>Ano 2010</b>	<b>Ano 2018</b>	<b>Classe</b>
< 0,210	< 0,206	< 0,262	Muito baixa
≥ 0,210 a 0,258	≥ 0,206 a 0,253	≥ 0,262 a 0,298	Baixa
≥ 0,258 a 0,297	≥ 0,253 a 0,294	≥ 0,298 a 0,340	Média
≥ 0,297 a 0,331	≥ 0,294 a 0,333	≥ 0,340 a 0,378	Alta
> 0,331	> 0,333	> 0,378	Muito alta

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Diante dos resultados encontrados nos mapeamentos, cabe ao pesquisador refletir sobre alguns detalhes para escolha do método a ser adotado:

Quando se trata de dados socioeconômicos, verifica-se que nem sempre existe uma delimitação de área exata. Será que a interpolação seria uma técnica para suprir essa necessidade de representação de dados socioeconômicos de forma contínua? A interpolação espacial facilitaria a interpretação dos mapeamentos? Ou deve-se continuar representando as informações por setor censitário? Será que o uso da interpolação contribuirá para o aumento da integração da vulnerabilidade social em mapeamentos de riscos de desastres? Quando os dados não cumprem os requisitos necessários para o uso da krigagem ordinária, seria o b-spline uma boa opção para o mapeamento de vulnerabilidade social de forma contínua?

Ao considerar tantas dúvidas, no item 3.5 será apresentada a metodologia utilizada para validação metodológica com intuito de verificar se essas propostas são viáveis para estudos de vulnerabilidade social e para definir qual metodologia será utilizada para análise de vulnerabilidade social desta pesquisa.

### **3.4 Cenário de risco de desastre por inundação – ano 2000, 2010 e 2018**

Para a realização de mapeamentos de risco de desastres, encontrou-se na literatura diferentes formas de realização do cálculo<sup>24</sup>. Diante da vasta possibilidade de calcular o risco de desastres por inundação e após vários testes, optou-se por utilizar a fórmula apresentada por Tominaga, Santoro e Amaral (2009, p. 151), Varnes (1984, p. 10) e pela ONU (2004, p. 100) para elaboração dos cenários de risco de desastre por inundação desenvolvidos nesta pesquisa, conforme calculo a seguir:

$$R = (P \times E \times V)$$

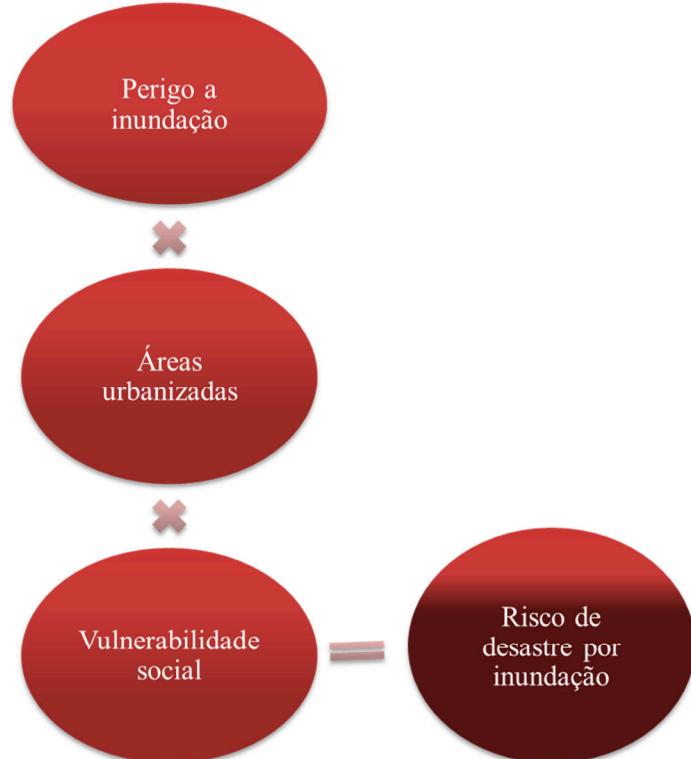
Onde: R= risco; E= elemento exposto (áreas urbanizadas); P= perigo; V= vulnerabilidade social.

Ressalte-se que alguns autores acrescentam a variável “dano” no cálculo de risco de desastre; todavia, optou-se por fazer a análise dos danos considerando o resultado do mapa de

<sup>24</sup> Outras opções para o cálculo de risco de desastre podem ser conferidas em: Castro (1999), Wisner et al. (2003), Birkmann (2006), Marcelino (2008), Ceped/UFSC (2012a, 2012b), Righi e Robaina (2012), Goerl, Kobiyama e Pellerin (2012), Miguez, Gregorio e Verol (2018), Bazzan (2011), Ceped/UFRGS (2016) e Ferreira e Rossini-Penteado (2011).

risco de desastre por inundação e não inseri-la diretamente na fórmula. Para elaboração do mapa, utilizou-se álgebra de mapas, pela calculadora raster do software Qgis, a partir da multiplicação de arquivos em formato raster (Figura 28) para as três propostas metodológicas.

FIGURA 28 – Variáveis utilizadas para elaboração do mapa de risco de desastre por inundação, exemplo do ano de 2000



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A multiplicação foi feita considerando o valor do pixel e o procedimento foi realizado para os anos de 2000, 2010 e 2018. Por fim, fez-se a reclassificação do mapa de risco por inundação, considerando as quatro classes de risco (risco baixo, risco médio, risco alto e risco muito alto) que são utilizadas pelo Ceped/UFRGS (2016) e pelo Ministério das Cidades/IPT (CARVALHO; MACEDO; OGURA, 2007). A Tabela 19 apresenta os valores das classes para os anos de 2000, 2010 e 2018.

TABELA 19 – Classes de risco de desastres por inundaçāo, por método, por ano

Ano 2000 (por setor)	Ano 2000 (spline)	Ano 2000 (krig. Ordinária)	Classe
< 0,025	< 0,022	< 0,025	Baixo
≥ 0,025 a 0,111	≥ 0,022 a 0,100	≥ 0,025 a 0,096	Médio
≥ 0,111 a 0,225	≥ 0,100 a 0,212	≥ 0,096 a 0,206	Alto
> 0,225	> 0,212	> 0,206	Muito alto
Ano 2010 (por setor)	Ano 2010 (spline)	Ano 2010 (krig. Ordinária)	Classe
< 0,027	< 0,022	< 0,024	Baixo
≥ 0,027 a 0,098	≥ 0,22 a 0,90	≥ 0,024 a 0,084	Médio
≥ 0,098 a 0,214	≥ 0,90 a 0,200	≥ 0,084 a 0,181	Alto
> 0,214	> 0,200	> 0,181	Muito alto
Ano 2018 (por setor)	Ano 2018 (spline)	Ano 2018 (krig. Ordinária)	Classe
< 0,037	< 0,034	< 0,026	Baixo
≥ 0,037 a 0,125	≥ 0,034 a 0,118	≥ 0,026 a 0,095	Médio
≥ 0,125 a 0,250	≥ 0,118 a 0,238	≥ 0,095 a 0,203	Alto
> 0,250	> 0,238	> 0,203	Muito alto

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Com esse tipo de mapeamento a partir de cenários, os gestores e a Defesa Civil de Governador Valadares terão mais uma ferramenta para gestão de risco de desastres, pois saberão quais são as áreas que merecem mais atenção tendo em vista que o risco de desastre é dinâmico principalmente em relação à vulnerabilidade social e a exposição, pois essas variáveis podem tanto agravar como diminuir as áreas que são acometidas pelo risco de desastre a inundaçāo.

Após elaborado todos os mapeamentos realizou-se a validação, que será detalhada no próximo item.

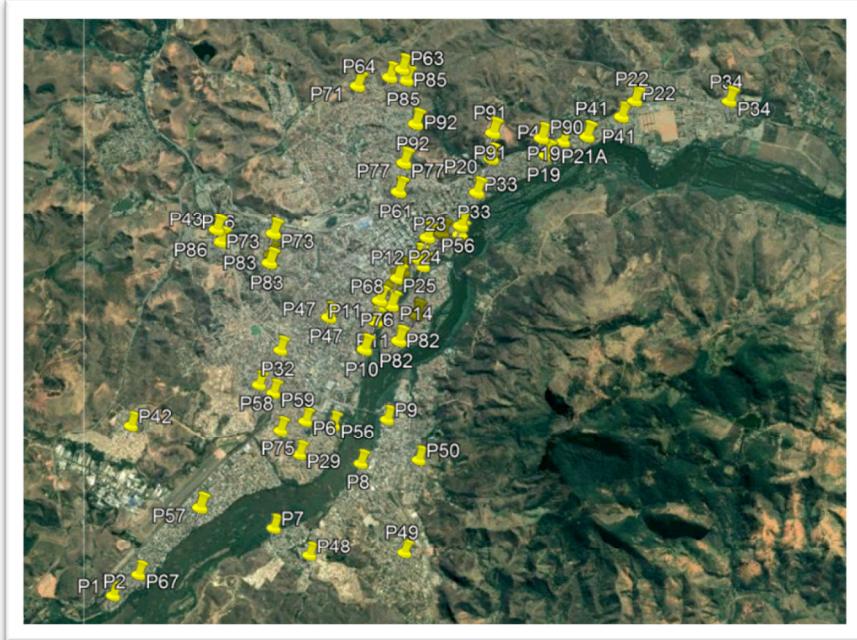
### 3.5 Validação da acurácia dos mapeamentos

A validação metodológica foi realizada para os mapeamentos de vulnerabilidade social do ano de 2018 (ano projetado e ano mais recente), considerando as três propostas metodológicas. E na sequencia foi validado o mapeamento final de risco de desastre de 2000, 2010 e 2018, também considerando as três propostas metodológicas.

O **primeiro método** escolhido para a validação dos mapas de vulnerabilidade social do ano de 2018 foi a visita a campo para comparação das classes de vulnerabilidade projetadas para o ano de 2018 com a realidade verificada em campo. Foram visitados 57 pontos aleatórios ao longo da área urbana de Governador Valadares, considerando as cinco classes de vulnerabilidade (muito baixa a muito alta), conforme demonstrado na Figura 29.

Em todos os pontos visitados, foram coletados pontos com GPS de navegação e posteriormente foram especializados no software Qgis.

FIGURA 29 – Pontos visitados na área de estudo para validação metodológica



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019), com imagem do Google Earth.

Considerando o trabalho de campo, utilizou-se ainda o **segundo método** para a validação dos mapas de vulnerabilidade social do ano de 2018, a partir da estatística Kappa, que, segundo Rosa (2009), trata-se de um método muito utilizado para avaliar a concordância do mapa temático e a verdade terrestre. Ainda segundo o autor, para elaboração da estatística Kappa, utiliza-se a técnica de amostragem, com um número de pontos preestabelecido que são visitados em campo para verificação do erro ou acerto da classe em relação ao ponto no mapa.

Para elaboração da estatística Kappa, foram considerados os 57 pontos visitados em campo e utilizou-se os parâmetros apresentados em Rosa (2009, p. 191) para verificação da qualidade do mapeamento, no qual, segundo o autor, valores entre “0,0 e 0,2 significam que o mapa tem qualidade ruim; 0,2 a 0,4 mapa razoável; 0,4 a 0,6 mapa bom; 0,6 a 0,8 mapa muito bom e 1,0 mapa excelente.”

Assim, a estatística Kappa apresentou os seguintes resultados: a proposta metodológica da vulnerabilidade social do ano de 2018 a partir do método de krigagem ordinária obteve o valor de 0,77, considerado por Rosa (2009) como “muito bom”; o método spline, apresentou o valor de 0,52, considerado um mapa “bom”; por fim, o método de representação por área apresentou o valor de 0,42, considerado pela estatística Kappa como um mapa “bom”.

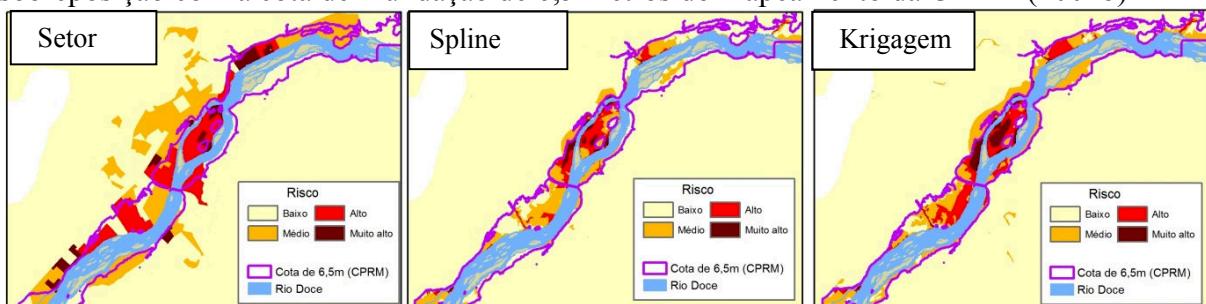
Utilizou-se ainda um **terceiro método** de validação das propostas metodológicas de vulnerabilidade social através do erro absoluto médio, apresentado em Fox (1981) e Hallak e

Pereira Filho (2011), que trata-se de uma estatística robusta para verificação de dados. De acordo com essa estatística, o melhor interpolador foi a krigagem ordinária com 0,097, pois os valores do erro médio absoluto estão mais próximos de zero.

Considerando os três métodos de validação, verifica-se que todas as propostas metodológicas são válidas para estudos de vulnerabilidade social. Considera-se também que a interpolação a partir do método de spline por ter apresentado bons resultados, pode ser utilizada caso as variáveis não apresentem “dependência espacial”, sendo um requisito obrigatório para utilização da krigagem ordinária. Os resultados das propostas metodológicas para vulnerabilidade social estão no Apêndice A.

Por fim, foi feita ainda a **validação do mapa do cenário de risco de desastre por inundaçāo** do ano de 2018 (Figura 30) a partir da sobreposição com a camada vetorial da cota de inundaçāo de 6,5 metros, disponibilizada pela CPRM (2004b), considerado o pior cenário de inundaçāo para Governador Valadares, tendo em vista que ainda não foi registrado nenhuma inundaçāo com cota superior a 6,5 metros. A Figura 30 apresenta a validação do cenário de risco de desastre por inundaçāo do ano de 2018 para as diferentes metodologias.

FIGURA 30 – Resultado das três propostas metodológicas do ano de 2018, considerando a sobreposição com a cota de inundaçāo de 6,5 metros do mapeamento da CPRM (2004b)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019), com dados da CPRM (2004b).

Ao analisar as diferentes propostas metodológicas para o cenário de risco de desastre por inundaçāo, conforme exposto na Figura 30, percebe-se que ambas as propostas apresentaram bons resultados para o estudo desse risco de desastre. Entretanto, o mapeamento elaborado, considerando a representação por área, generalizou o resultado ao longo do setor, o que não reflete a realidade em alguns setores que margeiam o Rio Doce, uma vez que a pesquisa de campo constatou que o setor apresenta mais de uma classe de risco de desastre por inundaçāo. Ao comparar o método de representação por área com o método spline, verifica-se que este se aproxima mais da realidade da área de estudo. Entretanto, ao comparar as três propostas, verifica-se que o método da krigagem ordinária apresentou melhores

resultados para o mapeamento dos cenários de risco de desastre por inundação, uma vez que a mancha se aproxima mais da cota de inundação de 6,5 metros (CPRM, 2004), conforme pode ser verificado na Figura 30.

Considerando então que a estatística Kappa apresentou melhor resultado no mapeamento de vulnerabilidade social para a metodologia de krigagem ordinária, e o mapa do cenário de risco de desastre também apresentou melhor resultado no método da krigagem ordinária, adota-se este método nesta pesquisa para a discussão da vulnerabilidade social e para os cenários de risco de desastre por inundação. Dado o exposto, verifica-se a importância de realizar a validação metodológica de qualquer mapeamento realizado com software SIG antes de considerá-lo nas análises. Assim, para futuras análises, os mapas resultantes das três propostas metodológicas estão no apêndice desta pesquisa.

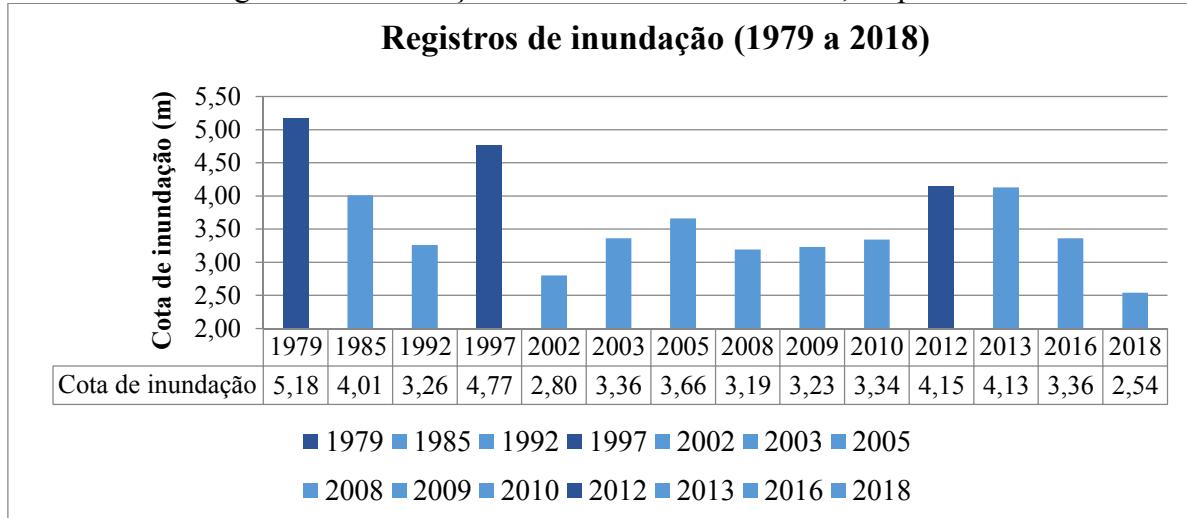
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção discute inicialmente as inundações ocorridas em Governador Valadares, com destaque para os anos que registraram a maior cota de inundaçāo (1979, 1997, 2005 e 2012), posteriormente, será analisado o mapa de perigo de inundaçāo, que traz num primeiro momento análise do mapa de suscetibilidade a inundaçāo e posteriormente o mapa de superfícies inundáveis por diferentes períodos de retorno. Na sequência, tem-se o item sobre as áreas urbanizadas para os anos de 2003, 2012 e 2018, demonstrando as áreas expostas a inundaçāo. Dando seguimento, o item subsequente faz uma análise da vulnerabilidade social para os anos de 2000, 2010 e 2018. Por fim, apresenta-se os cenários de risco de desastre por inundaçāo para os diferentes anos, buscando diagnosticar também os danos potenciais.

### 4.1 Inundações registradas em Governador Valadares

Compreendendo o período de análise de 39 anos (1979 a 2018), a cidade de Governador Valadares registrou um total de catorze inundações (Figura 31). Desse total, destacam-se a inundaçāo de 1979, com a maior cota de inundaçāo já registrada 5,18 m, a de 1997, com cota de inundaçāo de 4,77 m, e de 2012, com o registro de 4,15 m para a cota de inundaçāo.

FIGURA 31 – Registros de inundaçāo em Governador Valadares, no período de 1979 a 2018



Fonte: Guedes, Genovez e Vilarino (2012), Governador Valadares (2017), Relatório de avaliação de danos (Avadan)<sup>25</sup>, Defesa Civil de Governador Valadares (2017), e Birila (2018)<sup>26</sup>.

<sup>25</sup> Os relatórios de avaliação de danos (Avadan) de Governador Valadares podem ser acessados no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2ID), disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: 21 fev. 2020.

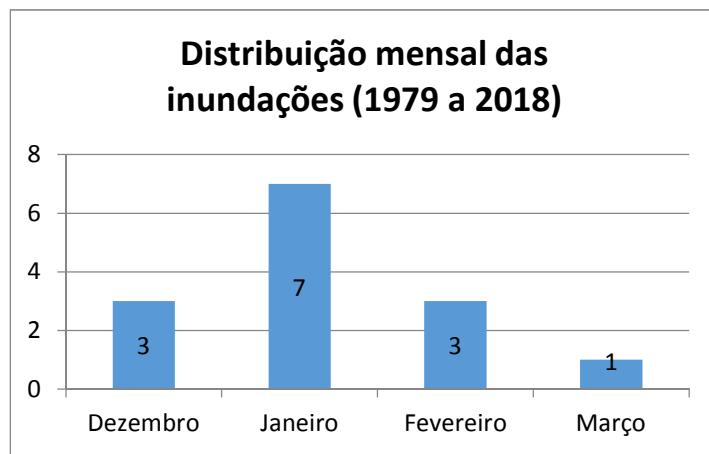
<sup>26</sup>O Sr. Birila foi funcionário da defesa Civil de Governador Valadares por muitos anos.

Ao analisar o gráfico da Figura 31, percebe-se que o intervalo para ocorrência das inundações tem diminuído e aumentou-se a frequência, ou seja, no intervalo de 21 anos (1979 a 2000), registrou-se quatro inundações com intervalo médio de seis anos entre elas. Já no intervalo de dezoito anos (2000 a 2018), registrou-se dez inundações, com intervalo médio de dois anos. Isso demonstra o aumento de ocorrência de inundações em Governador Valadares.

Em relação aos meses de ocorrência de inundações, os registros concentram-se no período de verão (Figura 32); o mês de janeiro foi o que apresentou maior número de ocorrências (sete registros), seguido de dezembro com três, fevereiro com três, e março com um registro.

FIGURA 32 – Distribuição mensal das inundações em Governador Valadares para o período de 1979 a 2018

Ano	Dia/mês
1979	3 de fevereiro
1985	10 de janeiro
1992	7 de fevereiro
1997	6 de janeiro
2002	1º de janeiro
2003	18 de janeiro
2005	7 de março
2008	20 de dezembro
2009	6 de janeiro
2010	25 de dezembro
2012	5 de janeiro
2013	18 de dezembro
2016	20 de Janeiro
2018	7 de Fevereiro (refluxo)



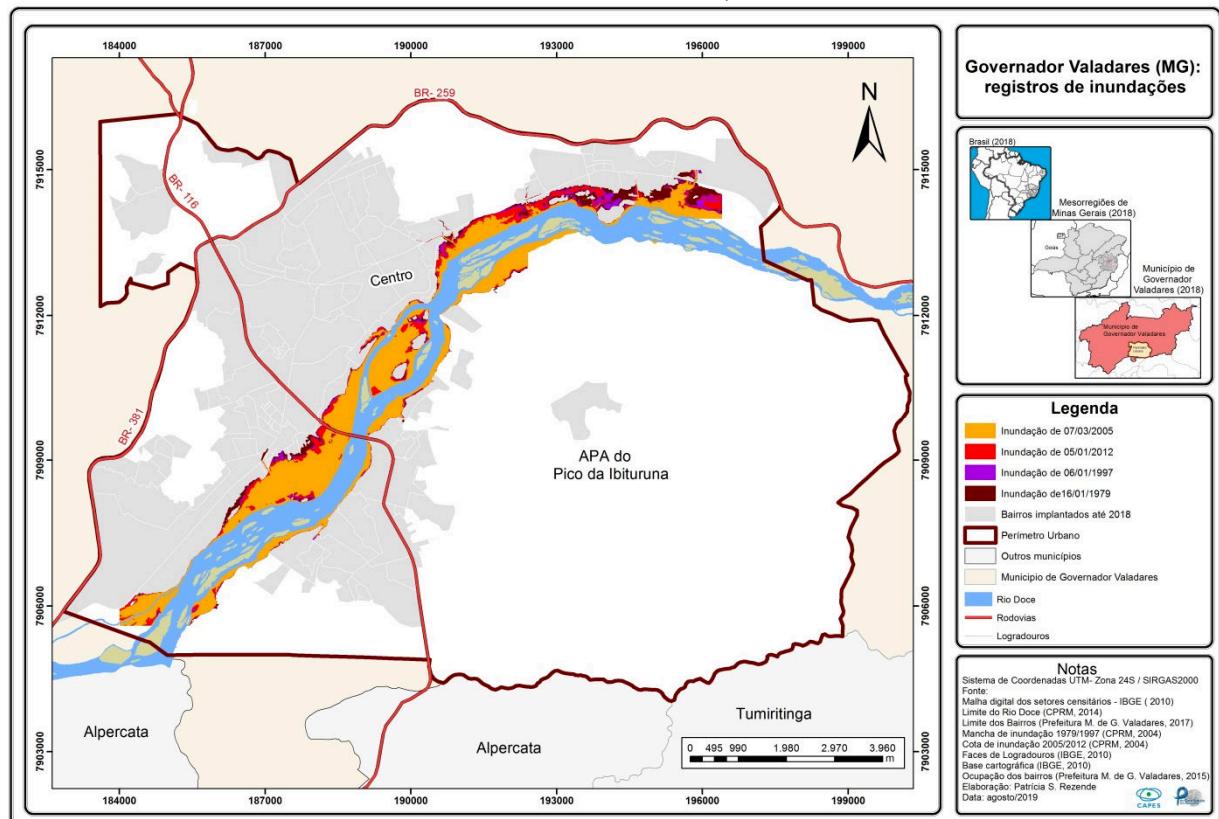
Fonte: Guedes, Genovez e Vilarino (2012), Governador Valadares (2017), Relatório de avaliação de danos (Avadan), Defesa Civil de Governador Valadares (2017), e Birila (2018).

Cada inundação registrada em Governador Valadares provocou prejuízos sociais, econômicos, ambientais e psicológicos. Os atingidos perdem em pouco tempo a conquista de uma vida de trabalho.

Para que fosse possível visualizar cartograficamente a área atingida pelas inundações, utilizou-se a mancha de inundações de 1979, 1992 e 1997 elaborado e disponibilizado pela CPRM (2004) e as manchas de inundações de 2005 e 2012 foram elaboradas nessa pesquisa considerando o arquivo vetorial das cotas de inundações da estação Governador Valadares – 56850000 da ANA, disponibilizado pela CPRM (2004) e os dados das cotas altimétricas atingidas pelas inundações registradas em Governador Valadares apresentado em Governador Valadares (2017), Relatório de avaliação de danos (Avadan) e Birila (2018).

A Figura 33 apresenta a espacialização das inundações registradas em Governador Valadares para os anos de 1979, 1997, 2005 e 2012, sendo estas as maiores cotas. É importante lembrar que essa metodologia adotada para a representação espacial das inundações do ano de 2005 e 2012 tem-se como resultado apenas uma aproximação da mancha de inundaçāo registrada em cada ano sendo necessário futuramente a confecção do mapeamento da mancha de inundaçāo com mais detalhamento e acurácia<sup>27</sup>.

FIGURA 33 – Espacialização das manchas de inundações em Governador Valadares (1979, 1997, 2005 e 2012)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Percebe-se que na maioria dos bairros situados na planície de inundaçāo do Rio Doce houve inundações recorrentes nos diferentes anos. De acordo com o levantamento da Defesa Civil de Governador Valadares, apresentado no relatório da CPRM (2004b), os bairros mais

<sup>27</sup> Conforme informado pelo senhor Birila no ano de 2019, o mesmo está atualizando o mapeamento das manchas de inundaçāo registradas em Governador Valadares, entretanto, o projeto não foi finalizado até a data da defesa dessa pesquisa, diante disso nessa tese não foi possível apresentar os mapas com a mancha inundaçāo ocorridas na área de estudo. A forma encontrada para representar cartograficamente as manchas de inundaçāo foi através da utilização das cotas de inundaçāo da CPRM de 2004 que mais se aproximaram com a cota registrada pela inundaçāo em cada ano. Assim, os mapas de 2005 e 2012 aqui apresentados são uma aproximação da mancha de inundaçāo ocorrida nos anos analisados. Assim, recomenda-se que os futuros pesquisadores da cidade de Governador Valadares, adotem os mapas que estão sendo atualizados pelos Sr. Birila para representação cartográfica das inundações registradas em Governador Valadares.

críticos são: São Tarcísio, Nova Santa Rita, Santa Rita, São Pedro, São Paulo, Santa Terezinha e Ilha dos Araújos. Note-se que esses bairros surgiram antes de 1970. No decorrer dos anos, a ocupação urbana aumentou, expondo mais pessoas ao risco de inundação.

Conforme informado pela Defesa Civil (2017), e reforçado por Guedes, Genovez e Vilarino (2012) e Rosa e Cunha ([201-]), as inundações que causaram mais prejuízos para Governador Valadares foram as de 1979, 1997 e 2012. Por isso, analisa-se aqui as inundações desses anos, consideradas as mais impactantes e de maior cota de inundação. Considerando o período de 39 anos (1979 a 2018), foi acrescentada à análise a inundação ocorrida em 2005, por apresentar a maior cota de inundação registrada na década de 2000. Ressalta-se ainda que o ano de 2005 e 2012 estão inseridos nas décadas escolhidas para aplicação metodológica desta pesquisa.

Em relação à inundação de 1979 (Figura 36), considerada a maior inundação registrada em Governador Valadares, que atingiu uma cota de inundação de 5,18 metros (GOVERNADOR VALADARES, 2017), e deixou cerca de 47.776 pessoas desabrigadas, 74 mortes e 4.424 residências atingidas, ao longo de toda bacia do Rio Doce (AMORIM et al., 2018). Nesse ano, a inundação atingiu os bairros Santa Rita, São Paulo, São Pedro (figura 34 e 35), parte do Bairro São Tarcisio e Centro, Universitário, Santos Dumont e Ilha dos Araújos; na margem direita atingiu parte do bairro Vila Isa, São Raimundo, Jardim Vera Cruz e Vila dos Montes.

FIGURA 34 – Inundação de 16 de janeiro de 1979, detalhe da Rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro.

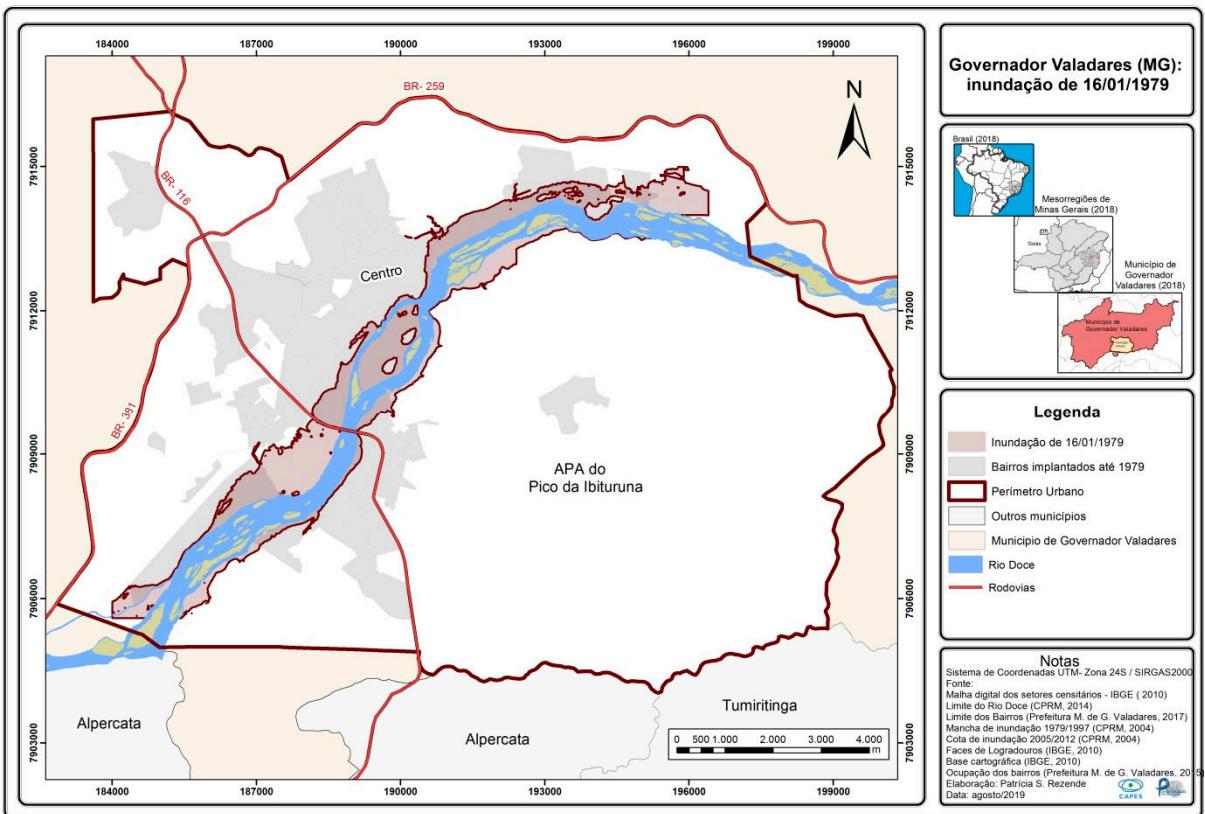


FIGURA 35 – Inundação de 16 de janeiro de 1979, detalhe da Rua João Paulo Pinheiro, bairro São Pedro.



Fonte: Fotos antigas e atuais de Governador Valadares (2019).

FIGURA 36 – Mapa da mancha de inundação de 16 de janeiro de 1979 e bairros implantados até esse ano



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A inundação de 1979 foi a que mais repercutiu na mídia, quando comparada a outras inundações ocorridas antes de 1979, deixando claro que “os alagamentos no centro e bairros da cidade, assim como as inundações e enchentes em áreas ribeirinhas não levaram a população a configurar uma situação de risco recorrente frente ao Rio Doce” (GUEDES; GENOVEZ; VILARINO, 2012, p. 46). A inundação de 1979 inaugurou na população de Governador Valadares uma memória de perdas e transtornos causados pelas águas do rio. A memória do evento repercutiu em matérias posteriores e foi mantida por anos.

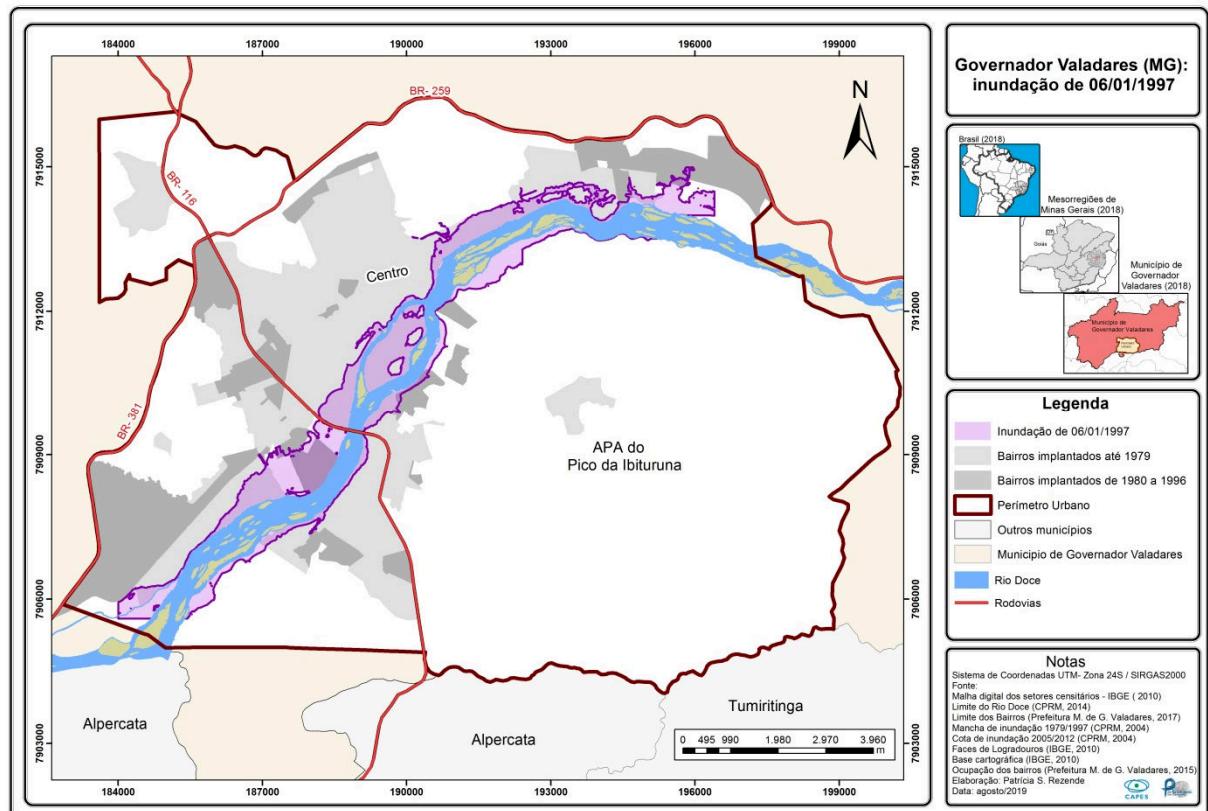
Essa inundação causou grandes problemas para a população, “a falta de escoamento crescia na mesma proporção que a cidade e piorava significativamente, tanto para a população que cada vez mais se aproximava do rio quanto para aqueles que mesmo distantes conviviam com as ‘lagoas’ sazonais” (GUEDES; GENOVEZ; VILARINO, 2012, p. 46).

Segundo relatos dos moradores do bairro São Tarcísio, apresentado por Guedes, Genovez e Vilarino (2012, p. 47), “os moradores saíram de suas casas, ficaram abrigados em escolas, mas tão logo as águas baixaram, rapidamente retornaram para suas moradias”. Ainda para os autores acima, a inundação de 1979, além da dimensão da área inundada, ficou marcada para as pessoas da cidade também pelo tempo de duração.

Passaram-se os anos e as inundações continuaram ocorrendo (1985 e 1992). Em 6 janeiro de 1997 houve a segunda mais significativa em Governador Valadares (Figura 37), que atingiu 4,77 metros. De acordo com Guedes, Genovez e Vilarino (2012, p. 50), “a repercussão sobre os danos foi significativa, com diversas reportagens e fotografias registrando a calamidade pública vivenciada pelos valadarenses”.

Ao comparar a mancha urbana de 1979 com a mancha urbana de 1997, verifica-se que no intervalo de dezoito anos surgiram cinco bairros nas margens do Rio Doce, aumentando assim a área de exposição à inundação.

FIGURA 37 – Mapa da mancha de inundação de 6 de janeiro de 1997 e bairros implantados até 1996



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Em relação aos bairros atingidos nessa inundaçāo, tem-se a Ilha dos Araújos, na margem esquerda do Rio Doce o bairro Santa Rita, JK I e III, Jardim Alice, São Paulo, Santa Terezinha, Centro C, São Tarcísio, São Pedro (Figura 38 e 39), Universitário e Santos Dumont I e II. Na margem direita do rio, foram atingidos os bairros Vila dos Montes, Jardim Vera Cruz, São Raimundo, Vila Isa e Silvamar.

FIGURA 38 – Inundação de 6 de janeiro de 1997, detalhe da Rua Ibituruna, bairro São Pedro



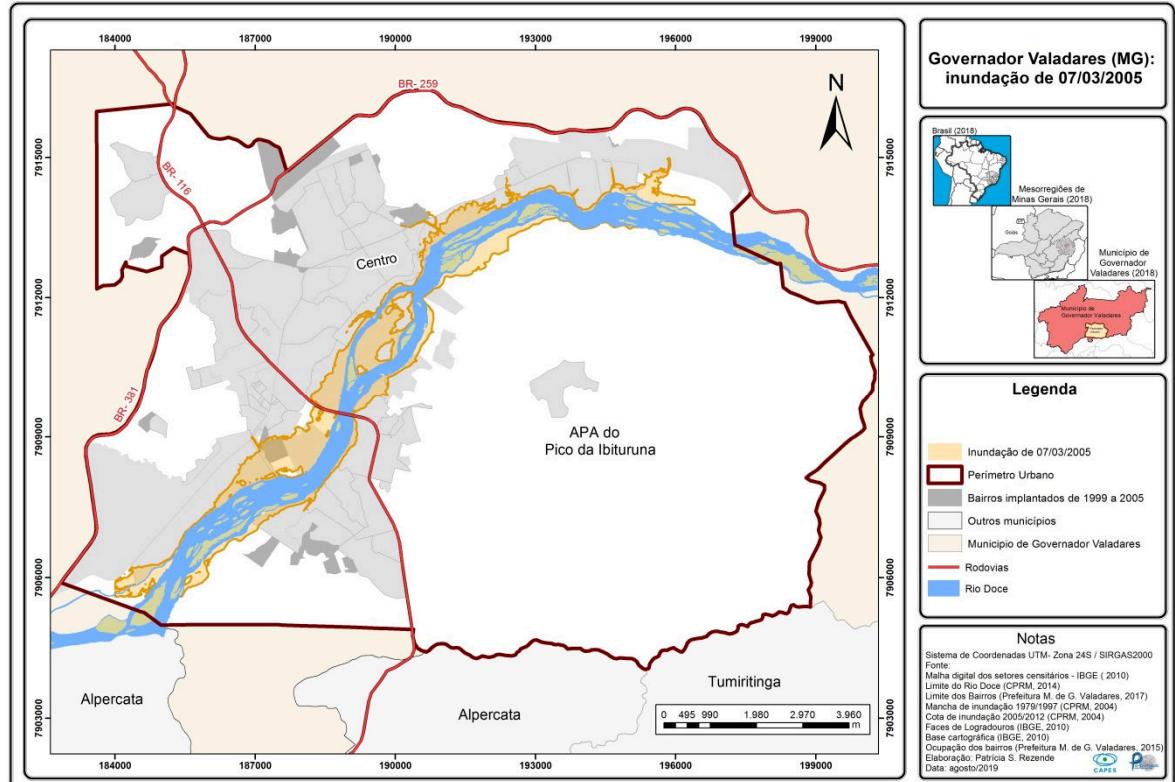
FIGURA 39 – Inundação de 06 de janeiro de 1997, detalhe da Rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro



Fonte: Fotos antigas e atuais de Governador Valadares (2019).

Na década de 2000, cinco inundações foram registradas (2002, 2003, 2005, 2008 e 2009), mas nesse período a inundação com maior cota (3,66 m) ocorreu em 7 de março de 2005 (Figura 40), e foram afetadas 50.595 pessoas, das quais 19.460 ficaram desalojadas e 1.234 ficaram desabrigadas (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

FIGURA 40 – Mapa da mancha de inundação de 7 de março de 2005 e bairros implantados até 2005



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Desde a inundação de 1997, passaram-se oitos anos e novos bairros surgiram no perímetro urbano (19 bairros), dos quais dois, próximos ao Rio Doce, no interior da mancha de inundação de 2005. Com relação aos bairros atingidos pela inundação, tem-se: São Pedro (Figura 41), Ilha dos Araújos (Figura 42), Santa Rita, Canaã, Vale Pastoril II, Jardim Alice, Bairro JK I, II e III, São Paulo, Santa Terezinha, Centro C, São Tarcisio, Esplanadinha, Universitário, Santos Dumont e Univale (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

FIGURA 41 – Inundação de 2005, detalhe para Rua Israel Pinheiro, bairro São Pedro



FIGURA 42 – Inundação de 2005, localização da Ilha dos Araújos

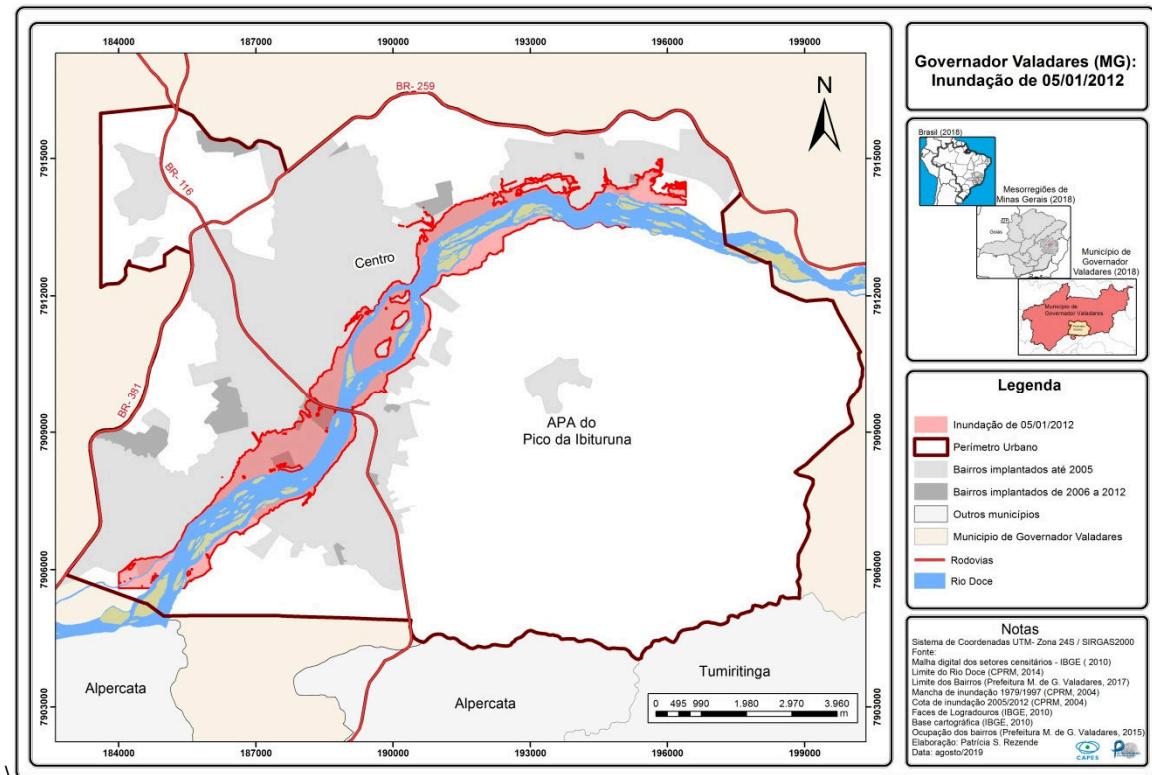


Fonte: Fotos antigas e atuais de Governador Valadares (2019) e Defesa civil de Governador Valadares (2005).

Ao analisar as fotos e a mancha de inundação do ano de 2005, ficam perceptíveis as perdas e danos ocorridas na cidade. Com relação aos danos humanos, 7.800 pessoas com idade inferior a 14 anos e 975 pessoas com idade acima de 65 anos ficaram desalojadas. Foram consideradas desabrigadas 424 pessoas com idade inferior a 14 anos e 30 com idade acima de 65 anos. Contabilizou-se 185 pessoas doentes e não foi registrado nenhum óbito. Foram 6.158 residências danificadas, três residências destruídas, duas edificações públicas de saúde danificadas e duas destruídas, e não houve nenhum registro para edificação pública de ensino (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

Por fim, considerando o período analisado por esta tese, houve a inundação de 6 de janeiro de 2012 (Figura 43), que atingiu uma cota de inundação de 4,15 metros, considerada a terceira maior inundação registrada na cidade. Foram afetadas 74.416 pessoas. Ficaram 25.482 pessoas desalojadas, 389 desabrigadas, 58 gravemente feridas e três óbitos (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

FIGURA 43 – Mapa da mancha de inundação de 5 de janeiro de 2012 e bairros implantados até 2012



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

De 2005 a 2012, surgiram mais 16 bairros, sendo quatro na mancha de inundação. Considerando os bairros existentes nas margens do Rio Doce, foram atingidos o Bairro São Tarcisio (Figura 44), Bairro Santa Rita (Figura 45), a Ilha dos Araújos (Figura 46), Betel, Jardim JK, Vale Pastoril, Vale Pastoril II, Canaã, JK I, Jardim Alice, Fazenda Barra da Onça, JK III, JK II, São Paulo (Figura 47), Santa Terezinha, Esplanadinha, São Pedro, Universitário, Santos Dumont I, Floresta, Santos Dumonte II (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

FIGURA 44 – Inundação de 2012, detalhe do bairro São Tarcísio



FIGURA 45 – Inundação de 2012, vista do bairro Santa Rita



FIGURA 46 – Inundação de 2012, detalhe do bairro Ilha dos Araújos



FIGURA 47 – Inundação de 2012, Rue Coronel Roberto Soares, bairro São Paulo



Fonte: Defesa civil de Governador Valadares (2012).

Em 2012, “muitas famílias ficaram isoladas, sem condições de sair de suas casas, invadidas pela inundação. No resgate delas [...] foram usados barcos do Corpo de Bombeiros e outras embarcações – incluindo até caiaques – cedidas por pescadores e voluntários” (CHUVA..., 2012).

Com relação aos danos humanos, 5.033 pessoas com idade inferior a 14 anos e 1.458 com idade acima de 65 anos ficaram desalojadas. Foram consideradas desabrigadas 162 pessoas com idade inferior a 14 anos e 13 com idade acima de 65 anos. Contabilizou-se 3.814 pessoas doentes e foram registrados três óbitos. Para os danos materiais, contabilizou-se 9.152 residências danificadas, nenhuma residência destruída, duas edificações públicas de saúde danificadas e nenhuma destruída, e seis edificações públicas de ensino danificadas (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

O bairro que apresentou situação mais grave foi a Ilha dos Araújos: “a ponte que dá acesso ao bairro, coberta pelas águas, foi isolada pela Polícia Militar e pelo Corpo de Bombeiros, visando afastar curiosos e também evitar possíveis saques” (CHUVA..., 2012). Notícias do período informaram que o “acesso à Ilha dos Araújos está restrito a moradores do bairro que estejam a pé (veículos não entram), Bombeiros e Defesa Civil para resgate de pessoas ou pertences” (GOVERNADOR..., 2012).

Considerando as informações apresentadas para os anos de 1979, 1997, 2005 e 2012, deve-se atentar que além das perdas e danos (Figuras 48 e 49), os problemas de uma inundação não cessam após a água do rio voltar ao seu leito normal, pois novas dificuldades são registradas, como a falta de água, impactos econômicos, doenças de veiculação hídrica, ou seja, são problemas que perduram por longos dias para a população da cidade.

FIGURA 48 – Situação da Escola Municipal Olegário Maciel – bairro Nova JK após inundação de 2012



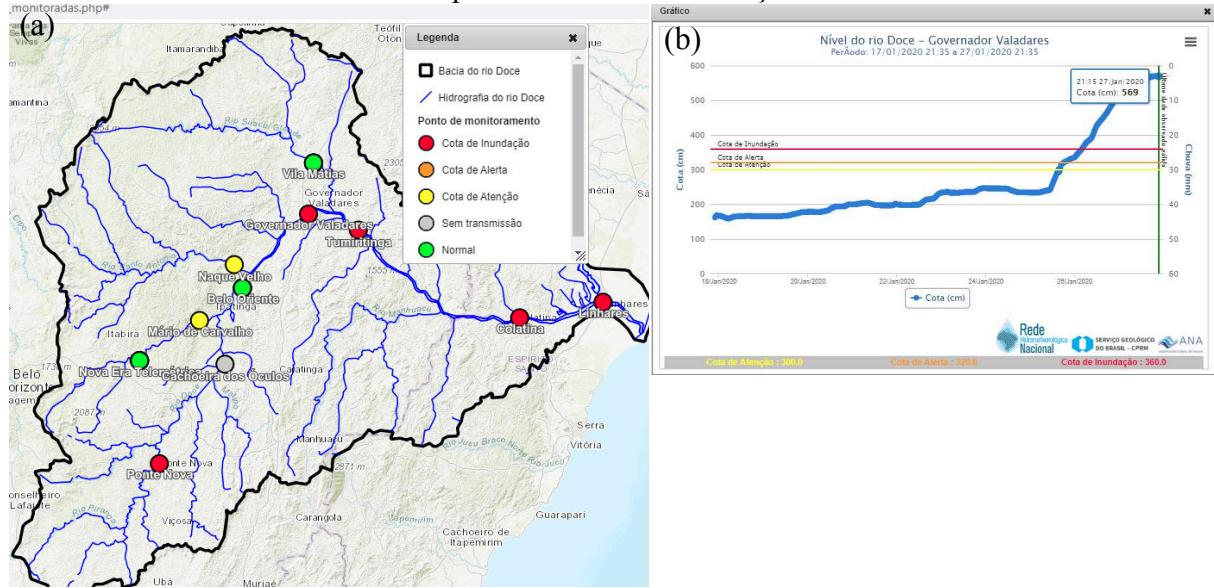
FIGURA 49 – Móveis destruídos pela inundação de 2012, aguardando a retirada pela Prefeitura no bairro São Paulo



Fonte: Defesa Civil de Governador Valadares (2012).

Por ser uma cidade de inundações recorrentes, a Defesa Civil local faz acompanhamento contínuo da vazão do Rio Doce (Figuras 50 a 53) pelo Sistema de Alerta de Eventos Críticos (Sace) da CPRM, pelo site do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Saae). Essas informações são disponibilizadas para a população local. Além do sistema da CPRM e da Saae, a cidade é monitorada também pelo Cemaden.

FIGURA 50 – Página do Sistema de Alerta de Eventos Críticos (Sace) da CPRM do dia 27 de janeiro de 2020, às 21h35min., apresentando a situação de Governador Valadares com relação à possibilidade de inundações



Fonte: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_bacias\\_monitoradas.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#)

FIGURA 51 – Mapa com a previsão de riscos geo-hidrológicos do Cemaden para 26 de janeiro de 2020

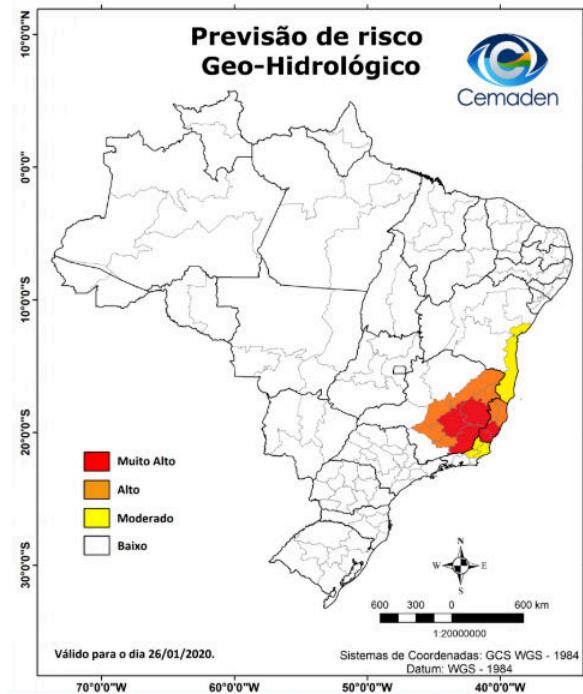
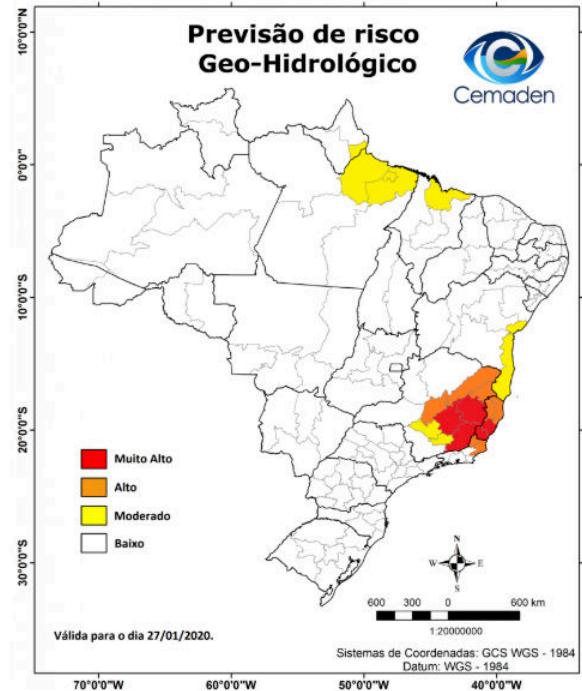
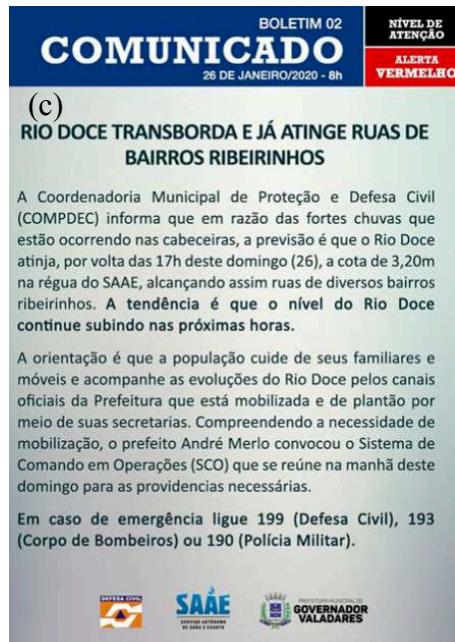


FIGURA 52 – Mapa com a previsão de riscos geo-hidrológicos do Cemaden para 27 de janeiro de 2020



Fonte: <https://www.cemaden.gov.br/categoria/riscos-geo-hidrologicos/>

FIGURA 53 – Site do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (Saae), com informação do nível do Rio Doce e boletim da Defesa Civil



Fonte: <http://www.saaegoval.com.br/>

Além das informações que auxiliam a Defesa Civil, em 2017 foi elaborado o plano de contingência para Governador Valadares, com a definição dos alertas considerando a medição da régua do Saae (Figura 53a), identificando os bairros que serão atingidos para cada cota de inundação, e apresenta as atitudes que devem ser realizadas pela Defesa Civil, antes, durante e após o desastre. No plano de contingência foram definidos os seguintes alertas:

**Alerta amarelo:** ocorre quando o Rio Doce em Governador Valadares ultrapassa o nível de 1,90 metros (régua do Saae – Figura 53a) ou cota correspondente da CPRM de 3,20 metros (cota de alerta – Figura 50b). Nesse momento, ainda não significa ocorrência de inundação na área ribeirinha. **Alerta laranja:** quando o Rio Doce ultrapassar o nível de 2,40 m (régua do Saae – Figura 53a) ou cota correspondente da CPRM de 3,60 metros (cota de alerta da CPRM – Figura 50b) em Governador Valadares. Quando atinge os valores desse alerta, já inicia inundação em algumas ruas do bairro Santa Rita, na Foz do Onça, no bairro Nova Santa Rita, no bairro São Tarcísio e na Avenida Rio Doce. Por fim, o **alerta vermelho:** quando o Rio Doce ultrapassar o nível de 2,80 m (régua do Saae – Figura 53a) ou cota correspondente da CPRM de 4,00 metros (cota de alerta da CPRM – Figura 50b) em Governador Valadares. A partir de 3,00 metros da régua do Saae, toda extremidade do bairro São Paulo, o bairro Universitário e a parte baixa do bairro Santa Terezinha é inundada. E caso atinja de 4,00 metros (régua do Saae – Figura 53a), amplia-se as áreas inundadas, atingindo até o bairro Ilha dos Araújos. Caso atinja a cota de 4,00 metros, mais de 55 mil pessoas serão atingidas. (GOVERNADOR VALDARES, 2017).

Com essas informações, a Defesa Civil consegue atuar nos locais que apresentam maior demanda de apoio. Conforme relatado em campo pela população da área ribeirinha, quando identificam o aumento da vazão do Rio Doce, os moradores que possuem residência com dois pavimentos colocam os móveis no segundo pavimento ou até mesmo instalam uma proteção com madeiras para subir os móveis. Foi verificado também que a frente das residências (Figura 54) possui revestimento de cerâmica, o que acaba reduzindo os custos de reforma após uma inundação.

FIGURA 54 – Frente da residência com revestimento localizada no bairro São Paulo



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

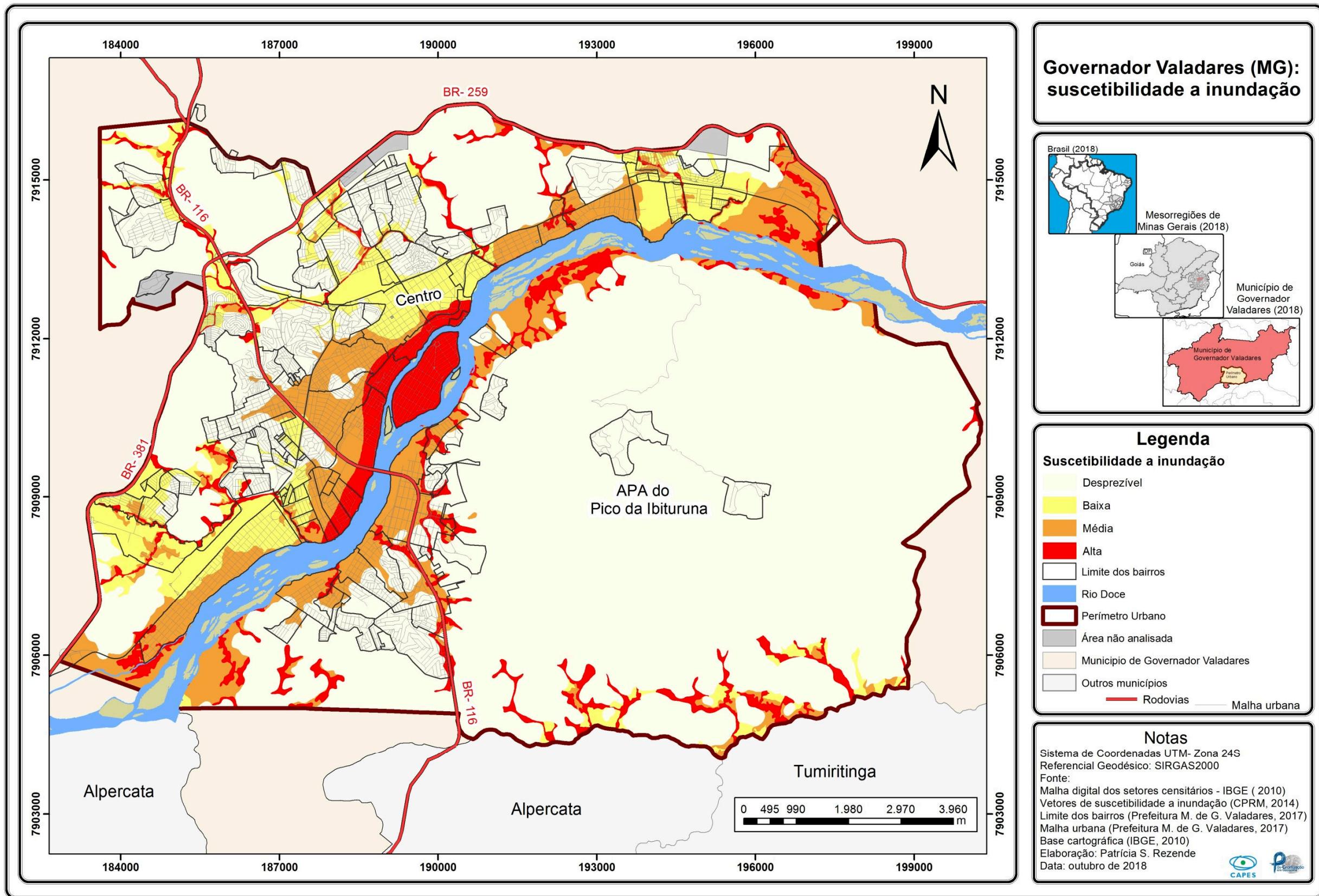
Considerando a quantidade de ocorrências e a diminuição temporal entre um registro e outro de inundação e a quantidade de pessoas atingidas, surgiu a ideia de elaborar uma metodologia com foco em cenários temporais para o entendimento de risco de desastres por inundação, pois entende-se que esse tipo de estudo contribuirá para gestão do espaço urbano de Governador Valadares e poderá auxiliar os gestores na gestão das áreas de risco de desastre por inundação. Os próximos itens tratarão dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia desenvolvida nesta pesquisa.

#### 4.2 Perigo de inundação

Para formulação do mapa de perigo de inundação (Figura 57), utilizou-se o mapa de suscetibilidade a inundação (Figura 55) e o mapa de superfícies inundáveis para diferentes períodos de retorno (Figura 56).

A suscetibilidade antecede os estudos de perigo de inundação, entendida nesta pesquisa como capacidade de uma área ser afetada por um perigo, sem considerar a probabilidade. Sua análise é feita considerando apenas os fatores físicos (solo, declividade, morfometria da bacia, hipsometria) predisponentes para ocorrência do processo perigoso (JULIÃO et al., 2009).

FIGURA 55 – Mapa de suscetibilidade a inundação



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A área urbana de Governador Valadares está entre as classes de suscetibilidade a inundação variando de desprezível a alta (Figura 55). A classe com maior representatividade diz respeito à classe desprezível, totalizando 68,97% da área urbana; na sequência, tem-se a classe de suscetibilidade alta (11,69%); a classe de suscetibilidade média (10,99%); e, por fim, a classe baixa (8,34%).

A classe de suscetibilidade alta localiza-se predominantemente em padrões de relevo caracterizado por planícies e terraços fluviais e em áreas com declividade menores que 3%, com maior representatividade na margem esquerda do Rio Doce. Pertencem a essa classe a totalidade dos bairros Ilha dos Araújos, Santa Terezinha, São Tarcisio e Centro C. Já os bairros Jardim Alice, JK I, II, III São Paulo tem parte de sua área classificada como alta suscetibilidade. São áreas que necessitam de total atenção por parte dos gestores públicos em relação à ocupação, por apresentarem características físicas que propiciam a ocorrência de inundação.

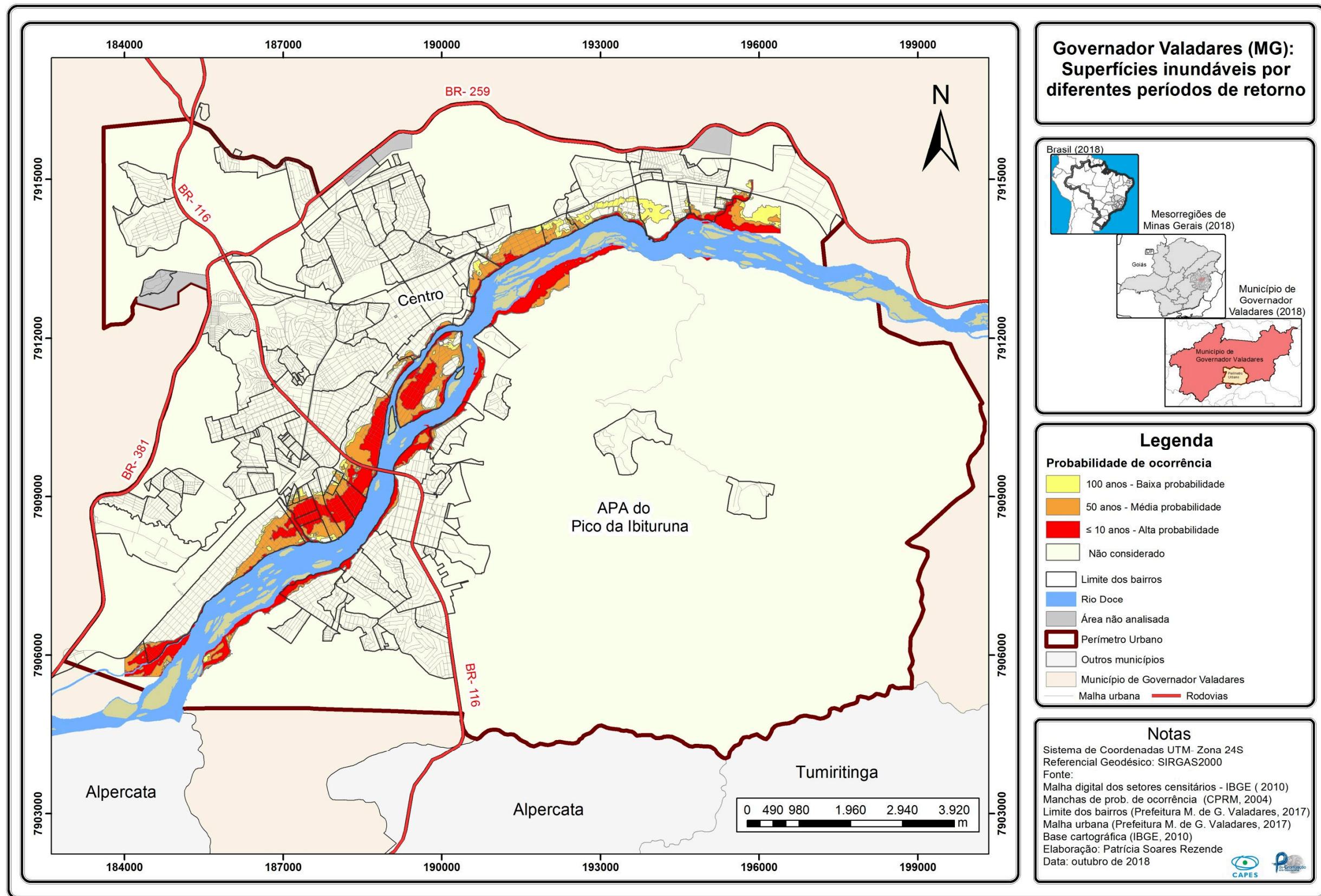
A classe de suscetibilidade média localiza-se em padrões de relevo caracterizado por terraços fluviais, em declividade inferior a 8% e envolvem os bairros localizados tanto na margem direita como esquerda do Rio Doce.

A área de suscetibilidade baixa está situada predominantemente na margem esquerda do Rio Doce, em relevo caracterizado como terraços fluviais. Abarca com maior representatividade os bairros localizados na margem esquerda do rio, com destaque para o Centro A e B, Esplanada, Esplanadinha, Univale, Floresta, Santos Dumont II e Chácara Boa Sort, entre outros.

Por fim, a classe de suscetibilidade desprezível são áreas compreendendo relevo de Marrotes a Colinas. Abarcam os bairros que não margeiam o Rio Doce. Trata-se de locais que podem ser suscetíveis a outros perigos, como deslizamento de massa.

Sabendo que a suscetibilidade não leva em consideração a probabilidade temporal, o próximo mapa (Figura 56) apresenta as manchas para os períodos de retorno da vazão para o Rio Doce, em que esta pesquisa adota o conceito apresentado por Righi (2016, p. 24), de que “o tempo de recorrência designa o intervalo de tempo médio em que este evento é igualado ou superado”. A Figura 56 apresenta três classes, caracterizadas de baixa a alta probabilidade de ocorrência de inundação.

FIGURA 56 – Mapa de superfícies inundáveis por diferentes períodos de retorno



Com relação à alta probabilidade, representada para períodos de retorno até 10 anos, considerando a maior frequência de inundação, prioritariamente nas áreas de suscetibilidade alta, em declividade menores que 3%. Essa classe abarca principalmente os bairros Jardim Alice, Canaã, Vale Pastoril II, JK I e II, São Paulo, Santa Terezinha e área central da Ilha dos Araújos. O bairro Santa Rita, Vila Isa e Vila dos Montes também apresentam um percentual de área nessa classe.

A classe de média probabilidade, considerando o período de retorno de 50 anos, além de abranger os bairros de alta probabilidade, atinge também parte do bairro Santa Rita, Centro C, Esplanadinha, São Pedro e Universitário.

Por fim a classe de baixa probabilidade, considerando a probabilidade de 100 anos, sendo esta considerada como de menor frequência, porém maior magnitude, abarca os bairros da alta e média probabilidade, atingindo ainda Santos Dumont e Univale.

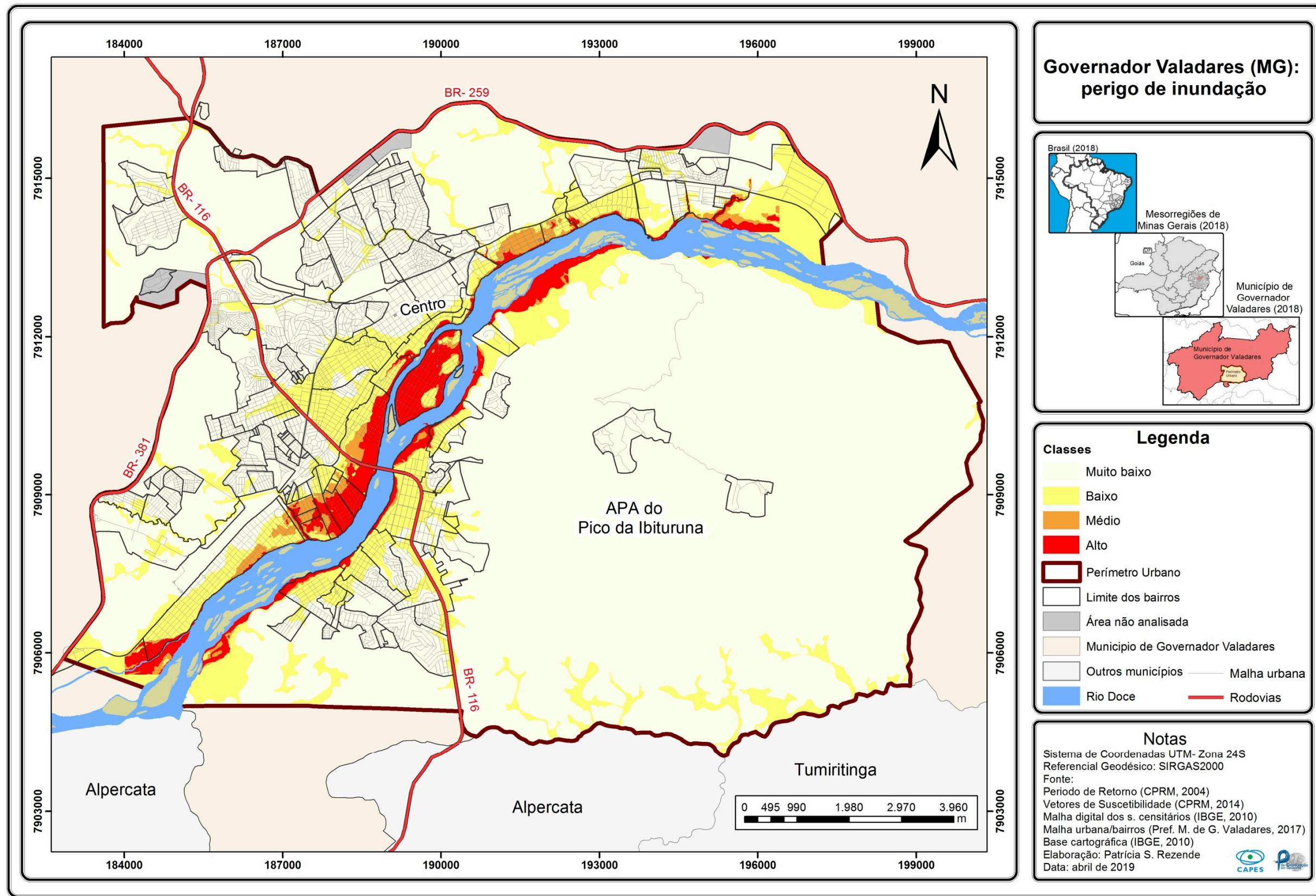
Referente à ocupação nas áreas do período de retorno no relatório da CPRM (2004), é recomendado que, nas áreas com maior frequência de inundação ( $TR < 10$  anos), a ocupação seja destinada a área pública de lazer; nas áreas com menor frequência de inundação, recomenda-se edificações em que os prejuízos da inundação não sejam significativos; e as áreas raramente inundadas ( $> TR 100$  anos), podem ser ocupadas por estabelecimentos comerciais e edificações em geral.

Considerando a álgebra de mapa a partir do método de multiplicação entre a suscetibilidade e o período de retorno, tem-se então o mapa de perigo de inundação (Figura 57). O perigo de inundação é entendido nesta pesquisa como a “probabilidade de ocorrência de um processo ação (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo” (JULIÃO et al., 2009, p. 21). Para Cardona (2004, p. 2), o perigo pode ser expresso a partir de formulação matemática, tendo como resultado a “probabilidade de ocorrência de um evento de certa intensidade em um local específico e determinado período de exposição”. O perigo aqui analisado é entendido também como “natural e o risco é uma construção humana” (TRICART, 1992).

O mapa de perigo desta pesquisa apresenta as áreas com maior probabilidade de ocorrência de inundação em quatro níveis de perigo: muito baixo, baixo, médio e alto.

A classe com maior representatividade é a muito baixa, perfazendo 76,47% da área urbana; na sequência, tem-se a classe média (14,75%); a classe alta (7,44%); e, por fim, a classe baixa, totalizando 1,34% da área urbana.

FIGURA 57 – Mapa final de perigo de inunda o



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

O perigo de inundação alto abrange em maior percentual o bairro Ribeirão da Onça, Jardim Alice, JK I, II e III, São Paulo e Ilha dos Araújos. Já nos bairros Santa Rita, Santa Terezinha, Centro C, São Tarcísio, São Pedro, Santos Dumont, Vila Isa e Vila dos Montes, essa classe se localiza com destaque nas áreas que margeiam o Rio Doce. Os bairros atingidos por inundações ao longo dos anos são justamente os localizados em perigo alto, ou seja, são as áreas situadas em período de retorno de até 10 anos de recorrência (SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES, 2019).

O perigo médio atinge os bairros Santa Rita, Ribeirão da Onça, Canaã, Vale Pastoril II, JK I, Jardim Alice, São Paulo, São Pedro, Universitário, Santos Dumont e Porto das Canoas.

A classe de perigo baixo se localiza em parte do bairro Santa Rita, parte norte dos bairros São Paulo, Santa Terezinha, Centro C, São Tarcísio, Esplanadinha, São Pedro, Universitário, Santos Dumont, Univale, Vila Bretas, Lourdes, Vila dos Montes, Jardim Vera Cruz, São Raimundo e Vila Isa. São áreas com baixa possibilidade de ocorrência de inundação.

Por fim, o perigo muito baixo compreende as áreas com declividade acima de 20%. Abarca os bairros que estão mais distantes do Rio Doce. Ressalta-se que, mesmo não apresentando perigo de inundação, devem ser monitorados quanto a outras ameaças, como deslizamento de massa, por compreender áreas com altas declividades.

Considerando a classe alta e média, verifica-se que os bairros da margem esquerda do Rio Doce em sua maioria estão inseridos nessas classes. Diante disso, é fundamental o monitoramento da ocupação nessas áreas por parte dos gestores públicos, pois são áreas potenciais a ocorrência de inundação.

Sabendo que Governador Valadares está suscetível a perigo de inundação, o próximo item apresenta as modificações relacionadas à ocupação urbana. Essa análise possibilita identificar como Governador Valadares foi organizando sua ocupação ao longo dos anos. Diante dessa informação, será possível responder às seguintes questões: A evolução urbana ocorre nas áreas próximas ao Rio Doce? Existem ocupações sobrepostas às áreas de preservação permanente?

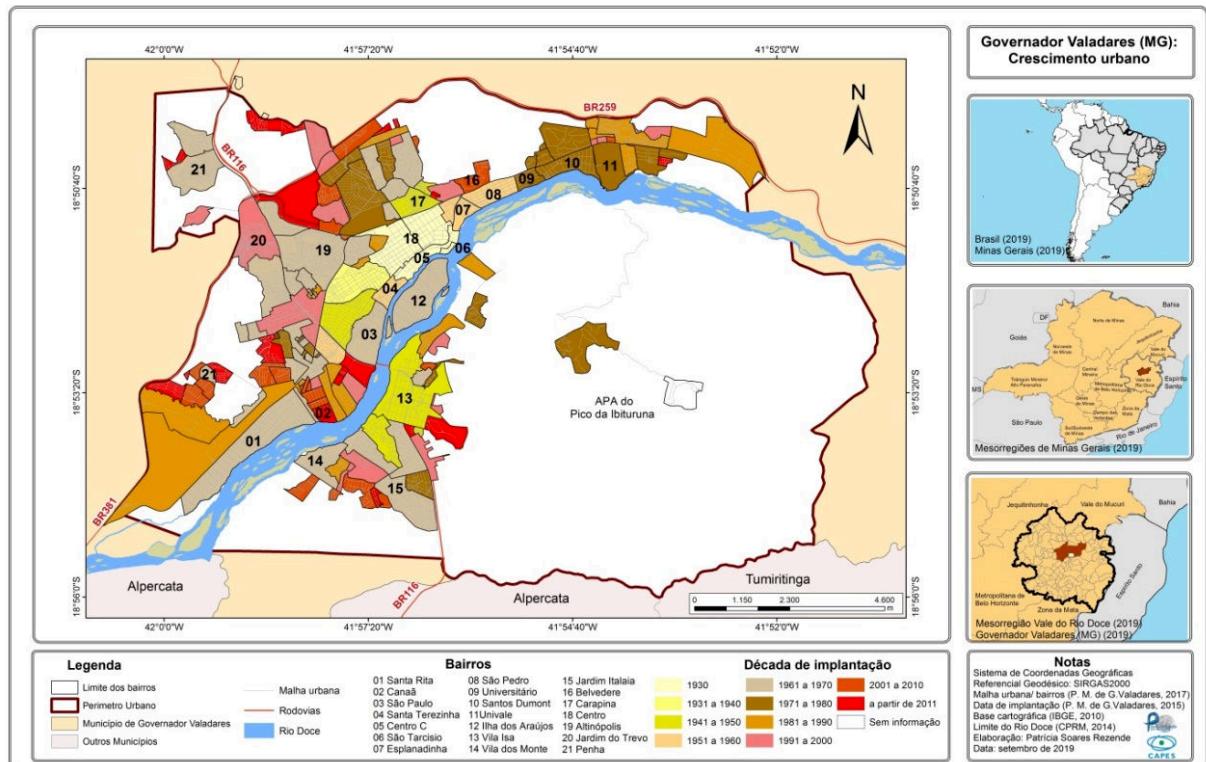
### 4.3 Áreas urbanizadas para os anos de 2003, 2012 e 2018

Com relação ao processo de ocupação de Governador Valadares, Espíndola (1998) informa que nos anos de 1920 a ocupação ocorreu de forma modesta, e a primeira rua a ser ocupada foi a atual Avenida Minas Gerais, que na época se chamava Rua Direita. Nos anos de 1930, o município de Figueira contava com uma população de 2.103 habitantes e apresentava “aparência de um lugarejo pobre, perdido no meio da floresta” (ESPÍNDOLA, 1998, p. 153).

Para Espíndola (1998, p. 154), foi em 1940 que ocorreu o “boom da economia regional”, fazendo com que a “área urbana se modificasse rapidamente”; em 1950 contava então com uma população de 20.357 pessoas, e continuou expandindo, contabilizando em 1960 uma população de 70.494 habitantes.

Considerando a expansão urbana ao longo dos anos, no ano de 1930 o bairro Centro apresentava o primeiro traçado urbano, considerando que a cidade foi “planejada em tabuleiro de xadrez, a partir dos eixos Norte-Sul e Leste-Oeste, ignorando a existência do traçado sinuoso do rio” (GUIMARÃES, 2009, p. 54). Desde 1930 até o ano de 1970 (ano este que contabilizou uma população urbana de 129.565 habitantes), a cidade já contava com 41 bairros (Figura 58); desse total, doze se localizavam nas margens do Rio Doce.

FIGURA 58 – Mapa dos bairros de Governador Valadares desde 1930



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Com relação à infraestrutura urbana nas primeiras décadas do século XX, a cidade sofria com vários problemas: “falta de abastecimento de água e esgoto, carência de energia elétrica e iluminação e doenças como a malária eram os mais penosos” (GUIMARÃES, 2009, p. 57).

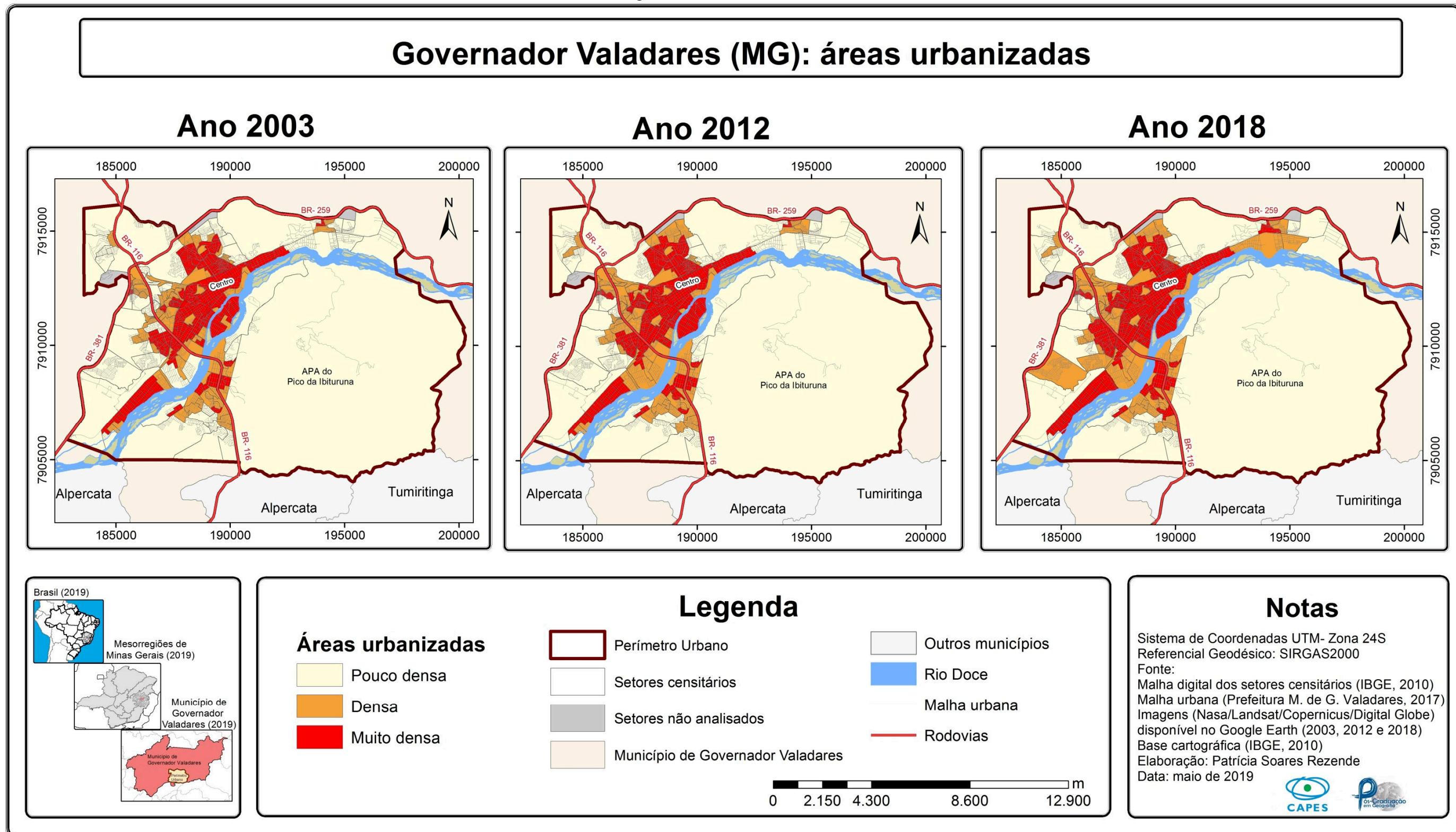
Contudo, a cidade apresentou uma significativa melhora urbana: “finalmente, se apresentava de acordo com os ideais da racionalidade, progresso e técnica, materializados em largas avenidas arborizadas, praças bem tratadas e o traçado em tabuleiro de xadrez” (GUIMARÃES, 2009, p. 58). Mas essa modernidade não foi para todos os bairros. Nos anos de 1960, aproximadamente metade dos bairros ocupados estavam sem abastecimento de água tratada; no início de 1970, concentrava-se pavimentação apenas na área central, no bairro de Lourdes e parte da Ilha dos Araújos, os demais bairros eram de ruas de terra e apenas 60% da população contava com acesso à energia elétrica (GUIMARÃES, 2009).

A cidade continuou se expandindo. De 1971 até os anos 2000, foram acrescentados ao perímetro urbano mais 69 bairros; desse total, dez margeiam o Rio Doce. Após o ano de 2000, surgiram mais de trinta bairros.

Os novos bairros passaram a não seguir o modelo da área central, principalmente em relação à largura das avenidas, arborização, praças, sendo criados com objetivo de utilizar ao máximo a área do loteamento. A diferença entre os novos bairros e a área central fica mais visível à medida que se distanciam da área central ou quando tem alguma característica geográfica, como “topografia acidentada, a linha férrea, córregos e canais a céu aberto. A essa estratificação da qualidade do ambiente urbano, corresponde uma estratificação social” (GUIMARÃES, 2009, p. 65).

Considerando o recorte temporal desta pesquisa e objetivando verificar as modificações em relação à urbanização, o mapa da Figura 63 apresenta as alterações em relação às áreas urbanizadas e a Figura 67 mostra o crescimento populacional. De posse dessas duas informações, será possível, no próximo item, analisar a vulnerabilidade social dos ocupantes dessas áreas. Conforme apresentado por Miguez, Gregorio e Veról (2018, p. 28), “ser exposto não é necessariamente um fator que garante a materialização do risco. Sem exposição, o risco se anula, mas caso haja exposição, para que o dano se concretize, é necessário que o sistema (ou elemento do sistema) exposto seja vulnerável ao perigo que o ameaça”. Diante disso, entende-se que à medida que há um acréscimo do percentual de áreas urbanizadas, aumenta também a exposição ao perigo de inundação; logo, no intuito de entender a exposição da população a inundação, o mapa da Figura 59 apresenta as áreas com maior e/ou menor ocupação.

FIGURA 59 – Mapa de áreas urbanizadas de 2003, 2012 e 2018



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

O mapa de área urbanizada para o ano de 2003<sup>28</sup> (Figura 59) mostra que há 9,59% da classe muito densa, localizada principalmente na área central, caracterizada como a primeira área ocupada da cidade. A classe densa representa 7,46% e localiza-se nas adjacências da área muito densa. Já a classe pouco densa, que apresentava pouca ocupação, à época, abrangia a maior parte da cidade, 82,94%. Na ocorrência de inundação, essas áreas pouco ocupadas são as menos afetadas, por possuírem poucos habitantes.

O mapa de área urbanizada do ano de 2012 (Figura 59) apresentou um pequeno crescimento da classe muito densa, ocupando agora 10,36%, em relação a 2003. O mesmo ocorre para a classe densa, 9,5%. Já na classe pouco densa, com 80,13% da área, verifica-se que houve uma pequena diminuição. Ao comparar o somatório da classe muito densa e densa desse mapa com o mapa de 2003, verifica-se um aumento de 2,8% de área urbanizada.

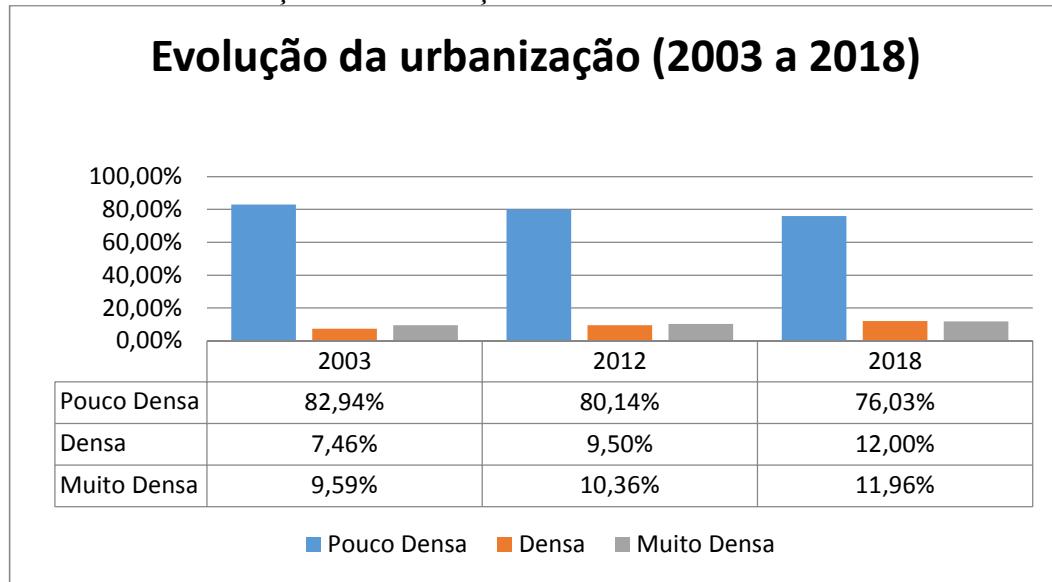
O mapa de área urbanizada do ano de 2018 (Figura 59) apresentou cerca de 11,96% de área para a classe muito densa, 12% para a classe densa e 76,03% para a classe pouco densa. Quando se compara (somatório classe muito densa e densa) com o ano anterior, verifica-se um aumento de 4,1% de área urbanizada, principalmente nas margens do Rio Doce.

Ao analisar a evolução das áreas urbanizadas de Governador Valadares (Figura 60), comparando-se os resultados (somatório da classe muito densa e densa) dos mapas de 2018 em relação ao de 2003, verifica-se que nesse período de 15 anos houve um aumento ocupacional de 6,91% da área. Esses dados mostram que o maior percentual de ocupação de governador Valadares ocorreu antes dos anos de 2003, pois até o ano de 2000 foram implantados 69 bairros.

---

<sup>28</sup> Destaca-se a área da APA do Pico da Ibituruna, que foi considerada como setor urbano no censo demográfico e ocupa 46,93% do perímetro urbano, o que justifica os baixos percentuais para as classes. Essa área também está inserida no mapa do perímetro urbano da Prefeitura de Governador Valadares.

FIGURA 60 – Evolução da urbanização em Governador Valadares de 2003 a 2018



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando ainda o aumento da urbanização na área de estudo, nota-se que esse crescimento ocorreu também nas proximidades do Rio Doce (Figura 61), fato que demonstra o aumento de exposição ao perigo de inundações.

Figura 61 – Exemplo do aumento de ocupação próxima ao Rio Doce (2003 e 2019)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019), com imagens do Google Earth.

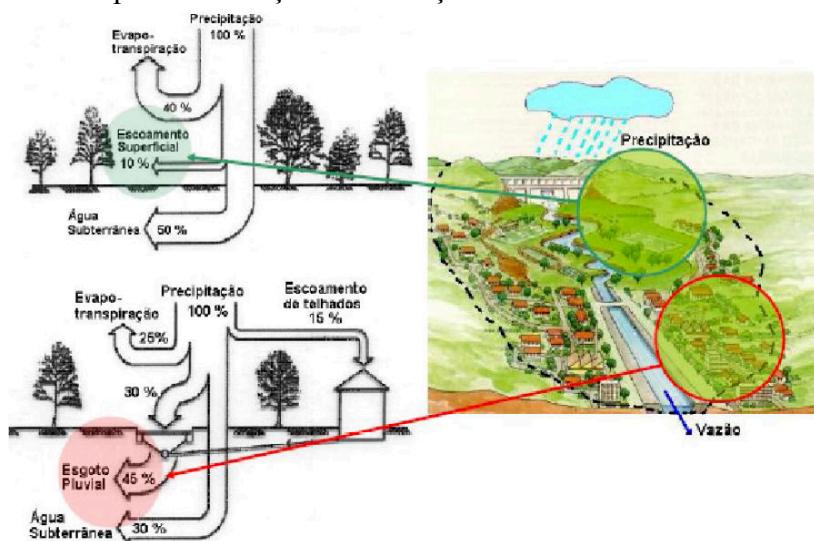
Sobre a ocupação nas margens do Rio Doce (Figura 61), é sabido que essas áreas devem ser preservadas, pois conforme disposto na Lei 12.651/2012, são Áreas de Preservação Permanente (APP), que estabelece que para cursos d'água com largura de 200 a 600 metros de largura, a faixa de APP é de 200 metros. Diante disso, percebe-se que mesmo com os registros de inundações ao longo dos anos e a existência de uma legislação ambiental, as

margens do Rio Doce continuam sendo ocupadas, aumentando assim a área de exposição a inundação.

O aumento de edificações, além de aumentar a exposição da população ao perigo e potencializar o risco de inundação, tendo em vista que os “riscos estão intrinsecamente ligados à maneira como foi e é gerido o território, a determinação da distribuição espacial no decorrer do crescimento das populações e as modificações feitas pela ação humana sobre a área” (IELO, 2015, p. 25), contribui também para o aumento da impermeabilidade, outro fator que está correlacionado com a inundação.

Sobre impermeabilização em áreas urbanas, Tucci (2000) verificou que para cada 10% de aumento de área impermeável há um acréscimo de cerca de 100% no volume do escoamento superficial e que, se for considerado apenas o arruamento, este é responsável por 260% de aumento no coeficiente de escoamento superficial. A Figura 62 apresenta o papel da urbanização na potencialização do escoamento superficial e consequentemente da mancha de inundação.

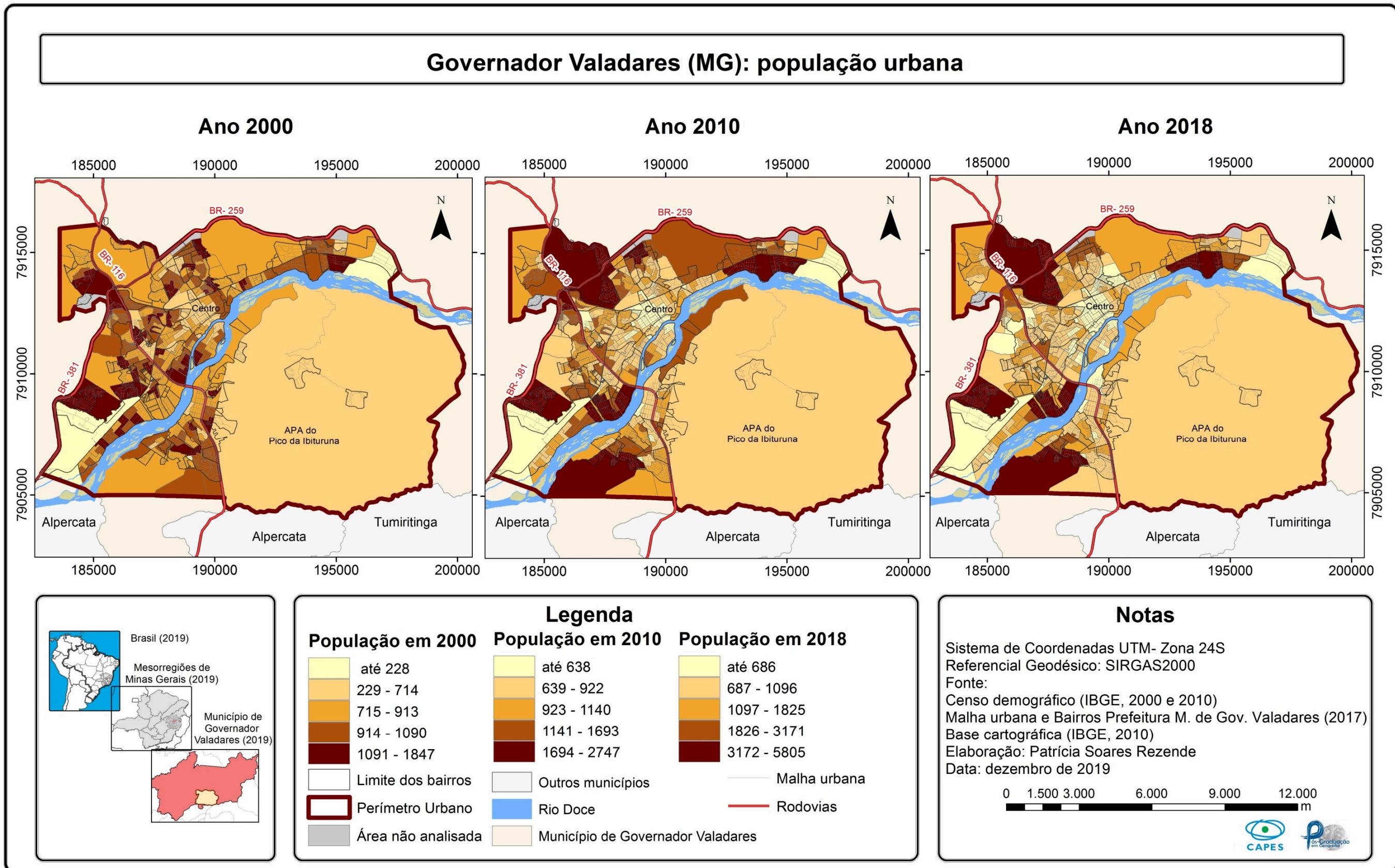
FIGURA 62 – Exemplo de alteração do balanço hídrico decorrente da urbanização



Fonte: Santos Júnior e Santos (2013, p. 24).

Ainda para demonstrar a exposição populacional ao risco de desastre por inundação, o mapa da Figura 63 apresenta a evolução populacional ao longo dos anos. Verifica-se que ocorreu aumento do número de pessoas para a maioria dos setores.

FIGURA 63 – Espacialização populacional de 2000, 2010 e 2018



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

O que chama atenção na Figura 63 é a redução do número populacional dos setores da área central de 2000 para 2010 e a permanência de alguns setores na primeira classe até o ano de 2018. Essa redução na área central pode estar relacionada ao valor de moradia e por ser uma área com finalidade comercial.

Com relação à exposição a inundação, verifica-se um aumento significativo da população residente nas áreas que margeiam o Rio Doce. Destaca-se o aumento populacional para os bairros Canaã, Nova Santa Rita, JK, Universitário e Santos Dumont, locais que apresentaram aumento para as áreas urbanizadas.

Por fim, essas modificações na área urbana de Governador Valadares desde o início da ocupação em 1930, além de aumentar a exposição ao perigo, corrobora também para diminuir as áreas permeáveis, pois sabendo que a cidade está alocada num território de perigo, cabe aos gestores públicos incentivar e gerir para que a cidade mantenha um percentual necessário de área permeável para minimizar os impactos da inundação e, principalmente, que as áreas que margeiam o Rio Doce não continuem sendo ocupadas por edificações. Conhecendo as áreas expostas ao perigo de inundação, o próximo item fará uma análise da vulnerabilidade social.

#### **4.4 Vulnerabilidade social**

Identificada a exposição ao perigo (Figuras 59 e 63), e com intuito de identificar posteriormente o risco de desastre por inundação, é necessário conhecer a vulnerabilidade social da população exposta ao perigo, pois conforme apontado por Cardona (2004), Miguez, Gregorio e Veról (2018), Malagodi e Peloggia (2015), para ser vulnerável é necessário estar exposto.

Entende-se que o conceito de vulnerabilidade “antecede o risco de desastre” (CARDONA, 2004), e conforme definido pela ONU (2009) a vulnerabilidade refere-se às características e circunstâncias de uma população para torná-la suscetível aos efeitos do perigo, diferindo de forma significativa dentro de uma mesma população e ao longo do tempo.

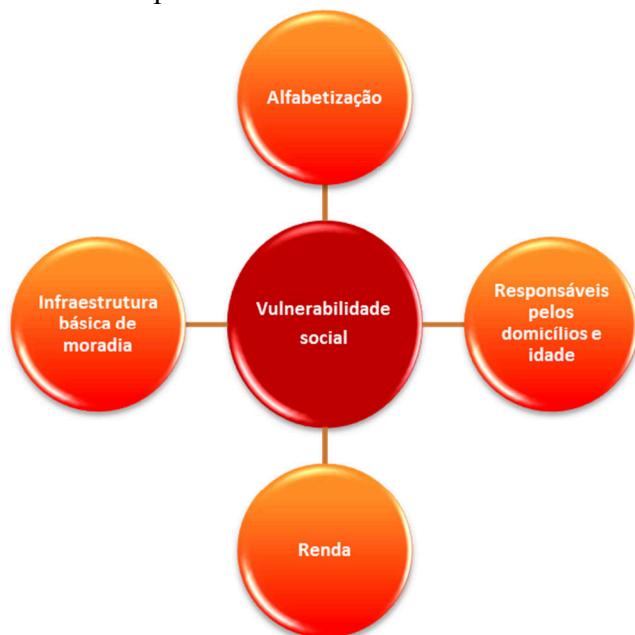
Cardona (2004) salienta ainda que em determinadas situações não há condições de alterar o perigo para reduzir o risco, mas é possível modificar a vulnerabilidade da população até reduzir os elementos expostos para conseguir reduzir o risco. Diante disso, este item apresenta os fatores de vulnerabilidades social a inundação da população exposta, elaborada a partir de variáveis socioeconômicas disponibilizadas pelo censo demográfico brasileiro dos anos de 2000 e 2010; e a partir da técnica de projeção geométrica, obteve-se o ano de 2018.

Esse recorte temporal possibilita verificar as variações das condições da vulnerabilidade social ao longo do tempo, pois Cardona (2004) entende que a vulnerabilidade é uma condição social construída ao longo dos anos, dependente de aspectos sociais e correlacionada com o nível de desenvolvimento da comunidade, podendo acumular, permanecer ou ainda ser reduzida.

Apesar de alguns autores considerarem vulnerabilidade como sinônimo de pobreza, é importante reforçar que não são sinônimos, pois pobreza é a ausência das condições básicas para sobrevivência e vulnerabilidade é a falta de capacidade de se proteger e se recuperar de um desastre (CHAMBERS, 1989 apud CARDONA, 2004). Ressalte-se, ainda, que algumas comunidades não são pobres, mas são vulneráveis ao desastre, e nem todos os pobres são vulneráveis aos desastres (BANKOFF, 2003).

Considerando que a vulnerabilidade não é pobreza e que seu conceito é mais conciso do que a riqueza e a pobreza para o entendimento de desastre (BANKOFF, 2003), a vulnerabilidade social aqui apresentada é composta por quatro fatores – alfabetização, responsáveis pelo domicílio, renda e infraestrutura básica da moradia (Figura 64) – que serão analisados de forma individual e na sequência será analisado o mapa final de vulnerabilidade social. Os mapas apresentados nas Figuras 65, 67, 69, 71 e 77 apresentam informações de vulnerabilidade para os anos de 2000, 2010 e 2018; com isso, será possível fazer uma comparação para verificar as modificações que ocorreram ao longo dos anos.

FIGURA 64 – Fatores para análise de vulnerabilidade social a inundação



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Diante das análises desse item, será possível verificar se a vulnerabilidade social na área de estudo aumentou ou diminuiu ao longo dos anos, e ainda haverá condições de responder algumas perguntas, como: será que a cidade apresenta uma homogeneidade ou uma distribuição heterogênea em relação às características socioeconômicas? A cidade apresenta diferentes vulnerabilidades sociais? Existe vulnerabilidade nas áreas consideradas em perigo de inundações? Essas e outras indagações serão respondidas ao longo deste item.

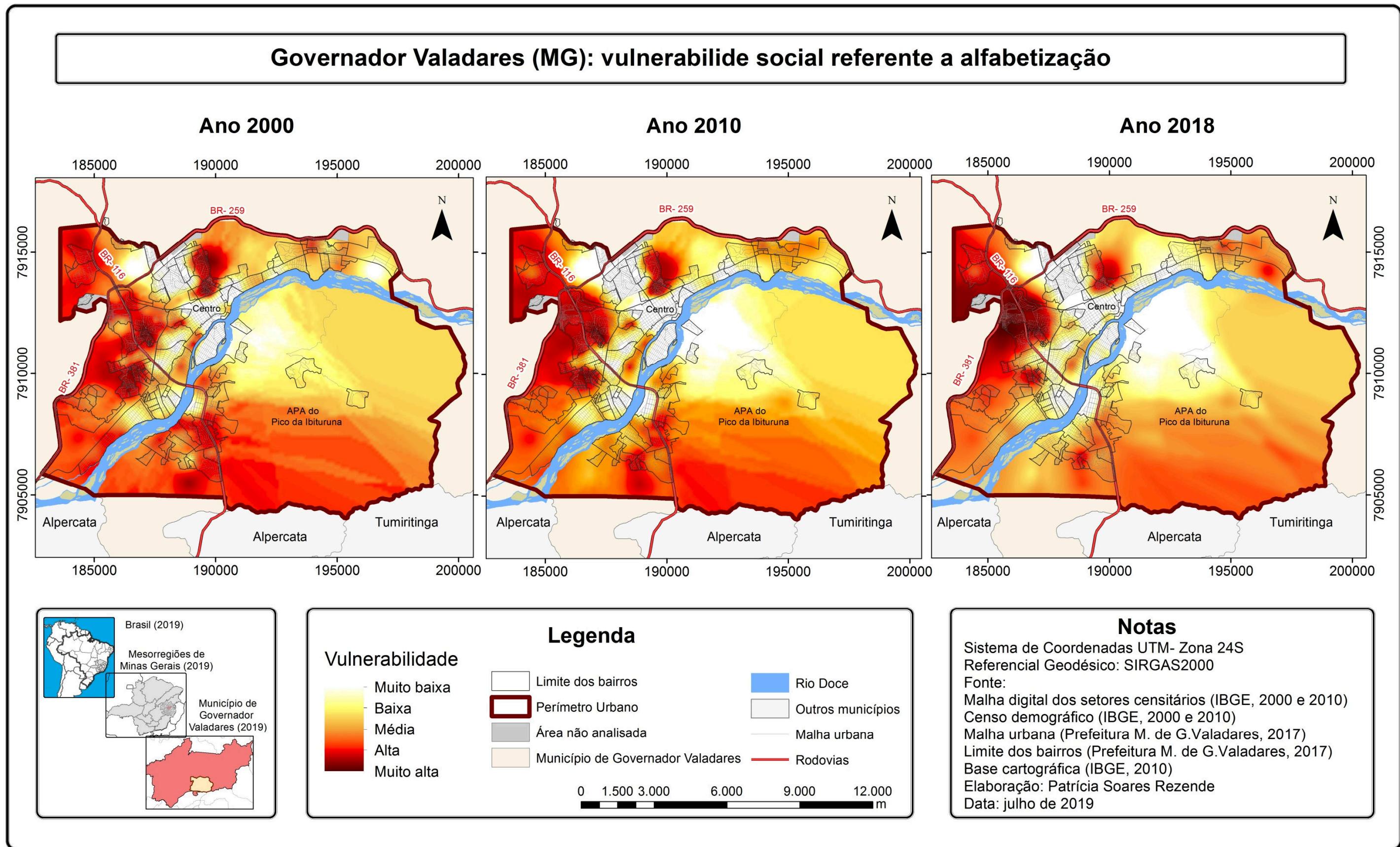
A vulnerabilidade social “é constituída por desigualdades sociais e espaciais, e, em virtude dessa característica, tornam-se imprescindíveis a avaliação e a comparação das vulnerabilidades entre os diversos espaços” (ALMEIDA, 2010, p. 203). O primeiro fator da vulnerabilidade social a ser analisado é a alfabetização (Figura 69).

#### **a) Vulnerabilidade social referente à alfabetização**

Variáveis relacionadas à alfabetização (Figura 65) são importantes para mensurar a vulnerabilidade, pois quanto maior o nível educacional, menor a vulnerabilidade social, tendo em vista que pessoas com baixa escolaridade terão menos capacidade de entender as informações de alerta e acessar informações para recuperação do desastre (ALMEIDA, 2010; CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003).

A vulnerabilidade social referente à alfabetização foi o primeiro fator definido pela análise factorial exploratória, com explicação inicial de 48% de variância para o ano de 2000 e 41,73% para o ano de 2010. O fator 1 é composto prioritariamente por variáveis relacionadas à ausência de alfabetização para crianças, idosos e responsáveis pelo domicílio. Contempla ainda a variável responsáveis pelo domicílio com renda inferior a três salários. Diante disso, verificou-se que a renda é um fator condicionante para que as pessoas tenham condições de acesso à alfabetização.

FIGURA 65 – Vulnerabilidade social referente à alfabetização (ano de 2000, 2010 e 2018)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando o recorte temporal, a Tabela 20 apresenta as modificações ocorridas ao longo dos anos; percebe-se que houve melhora em algumas áreas da cidade, com destaque para as áreas localizadas nas margens do Rio Doce.

TABELA 20 – Percentual das classes de vulnerabilidade social relacionada à alfabetização

Vulnerabilidade Classes	Ano 2000 Área %	Ano 2010 Área %	Ano 2018 Área %
<b>Muito baixa</b>	3,63	8,90	9,36
<b>Baixa</b>	12,28	13,52	15,15
<b>Média</b>	34,98	31,57	32,43
<b>Alta</b>	38,67	36,14	35,55
<b>Muito alta</b>	10,43	9,88	7,52

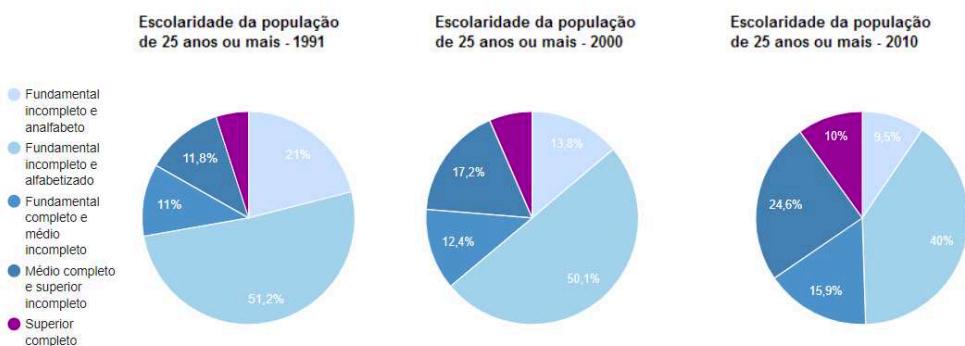
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Percebe-se também que a distribuição espacial desse fator, no que tange às classes alta e muito alta, apesar de ter apresentado melhora, principalmente nas áreas localizadas em perigo de inundação, que em 2000 apresentava 49,1% da área, passando para 43,07% em 2018, nas áreas periféricas permaneceu ao longo dos anos, demonstrando necessidade de atenção para esses locais.

Com relação às classes baixa e muito baixa, com taxas de 15,91%, no ano de 2000 e 24,51%, no ano de 2018, verifica-se que ao longo desses 18 anos ambas permaneceram localizadas nos bairros da parte central da cidade, principalmente na Ilha dos Araújos e Vila Bretas, em cujas áreas também se encontram os colégios particulares.

Corroborando com o resultado verificado nessa pesquisa, o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) apresentou as alterações ocorridas em relação à escolaridade para Governador Valadares, no qual apresenta uma análise para a população adulta para os anos de 1991, 2000 e 2010 (Figura 66), sendo possível perceber que a área de estudo tem apresentado melhorias nessa variável desde o ano de 1991.

FIGURA 66 – Evolução educacional em Governador Valadares (1991 a 2010)



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013).

A Figura 66 chama atenção pela variável “fundamental incompleto e analfabeto”, que apresentava 21% em 1991 e em 2010 apresentou 9,5%, o que demonstra que o acesso à educação melhorou. É importante ressaltar que para uma cidade se tornar resiliente em risco de desastre é fundamental que as pessoas tenham conhecimento sobre os perigos, riscos e vulnerabilidade, e esse conhecimento só consegue atingir o patamar ótimo se numa população escolarizada, pois só assim ela terá condições de buscar informações para se preparar para um possível desastre.

### **b) Vulnerabilidade referente aos responsáveis pelos domicílios e idade**

Considerando a análise fatorial exploratória, o segundo fator (Figura 67) representou para o ano de 2000 16% de variância inicial, e para o ano de 2010 13,89%. Esse fator inclui pessoas responsáveis pelo domicílio, crianças e indivíduos com idade igual ou maior que 65 anos. Por abranger crianças e idosos, esse fator de vulnerabilidade social é o que demanda maior atenção.

É consenso no Brasil que a população está envelhecendo. Isso ficou nítido no resultado do ano de 2018, que demonstra um aumento das classes de vulnerabilidade alta e muito alta, principalmente nos bairros centrais, locais ocupados por pessoas idosas. Em termos de evolução temporal, a Tabela 21 apresenta os percentuais de cada classe ao longo dos anos.

**TABELA 21 – Classes de vulnerabilidade social relacionada aos responsáveis pelo domicílio e idade**

<b>Vulnerabilidade Classes</b>	<b>Ano 2000 Área %</b>	<b>Ano 2010 Área %</b>	<b>Ano 2018 Área %</b>
<b>Muito baixa</b>	11,71	18,17	14,03
<b>Baixa</b>	36,94	47,45	31,23
<b>Média</b>	36,59	23,38	37,40
<b>Alta</b>	12,22	8,59	12,39
<b>Muito alta</b>	2,53	2,38	4,93

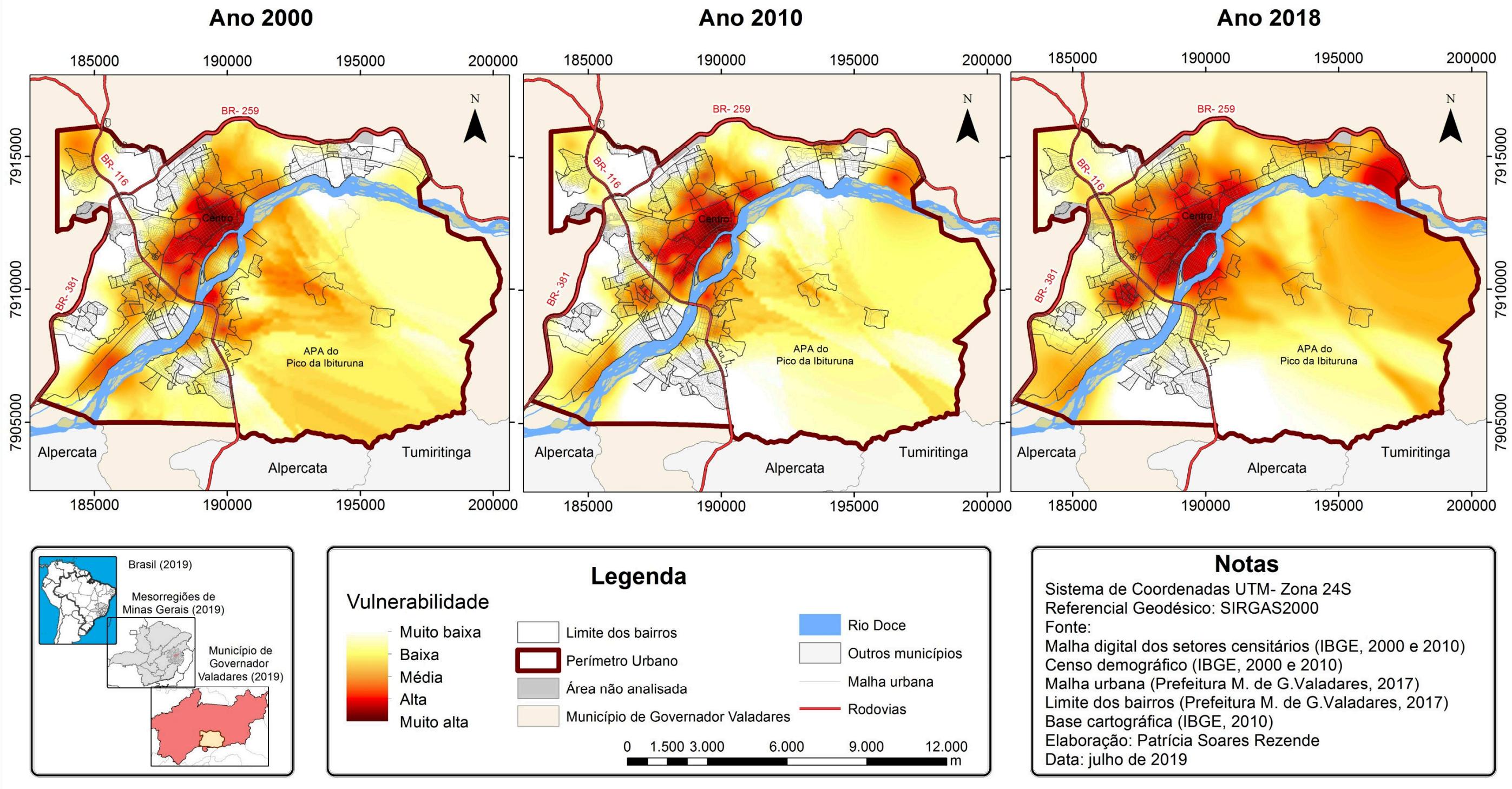
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Com relação às classes de vulnerabilidade muito alta e alta, constatou-se 14,75% para o ano de 2000 e 17,32% para o ano de 2018, deixando nítido que ao longo dos anos houve expansão, principalmente no que tange aos bairros Centro e Ilha dos Araújos.

Verifica-se ainda um aumento da mancha nas áreas de perigo de inundaçāo (bairros São Pedro, Santa Terezinha, São Tarcisio, São Paulo e Ilha dos Araújos), o que demonstra a necessidade de os gestores públicos se atentarem para essa variável, elaborando medidas não estruturais para aumentar a resiliência desse grupo ao desastre por inundaçāo.

FIGURA 67 – Vulnerabilidade social referente aos responsáveis pelo domicílio e idade (ano de 2000, 2010 e 2018)

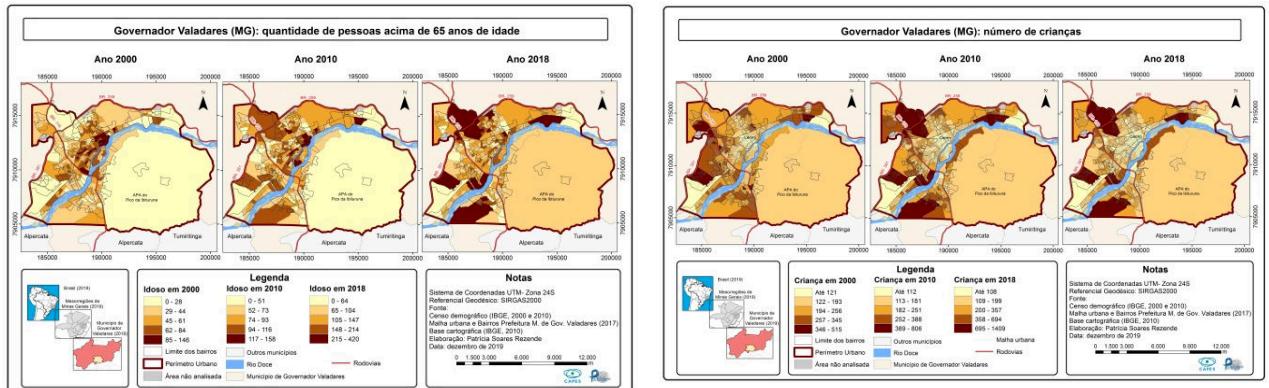
## Governador Valadares (MG): vulnerabilidade social referente aos responsáveis pelo domicílio e idade



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Contribuindo para essa análise, os indicadores foram verificados individualmente (Figura 68), e é possível perceber que a variável idosos teve correlação direta para o aumento do índice, tendo em vista que ao longo dos anos essa variável apresentou aumento do número populacional, principalmente para o ano de 2018. Em contrapartida, verifica-se que houve redução da quantidade de crianças em alguns locais.

FIGURA 68 – Quantidade de pessoas acima de 65 anos de idade e crianças



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Percebe-se ainda que nas áreas de perigo de inundação, alguns setores apresentaram aumento do número de idosos e crianças, principalmente nas áreas que estão em expansão urbana, como é o caso dos bairros Canaã, JK e Jardim Alice.

Com relação ao somatório das classes de vulnerabilidade baixa e muito baixa, no ano de 2000 era de 48,65% e no ano de 2018 apresentou 45,26%, apresentando piora. Verifica-se ainda que essa classe se concentra especificamente nos bairros mais recentes, como Canaã, JK, locais situados em área de perigo de inundação ocupadas na última década.

### c) Vulnerabilidade social referente à renda

O terceiro fator (Figura 69) representou para o ano de 2000 9,49% de variância inicial, e para o ano de 2010, 9,71%, sendo este representado pelo fator 4. Esse fator é formado por responsáveis sem rendimento nominal mensal e responsáveis pelos domicílios com idade de 10 a 19 anos.

Esse fator é de grande importância, uma vez que ao ocorrer um desastre a renda é um fator necessário para recuperação, tendo em vista que pessoas com menos condições econômicas necessitam de mais tempo para recuperar os bens perdidos em uma inundação.

Outra característica desse fator é que pessoas com melhores condições econômicas apresentam residências com melhores estruturas e vantagens como o seguro desastre. O que

chama atenção nesse fator é a existência da correlação entre a renda e responsáveis jovens pelos domicílios, agravando essa vulnerabilidade, tendo em vista que uma família com responsáveis jovens na maioria das vezes possui menos estabilidade econômica que uma família formada por responsáveis com mais idade. A Tabela 22 apresenta os percentuais referentes a cada classe.

TABELA 22 – Classes de vulnerabilidade social relacionada à renda

Vulnerabilidade Classes	Ano 2000 Área %	Ano 2010 Área %	Ano 2018 Área %
<b>Muito baixa</b>	27,36	18,41	10,86
<b>Baixa</b>	42,42	59,80	22,35
<b>Média</b>	18,46	13,41	44,38
<b>Alta</b>	9,35	6,59	14,30
<b>Muito alta</b>	2,39	1,77	8,10

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

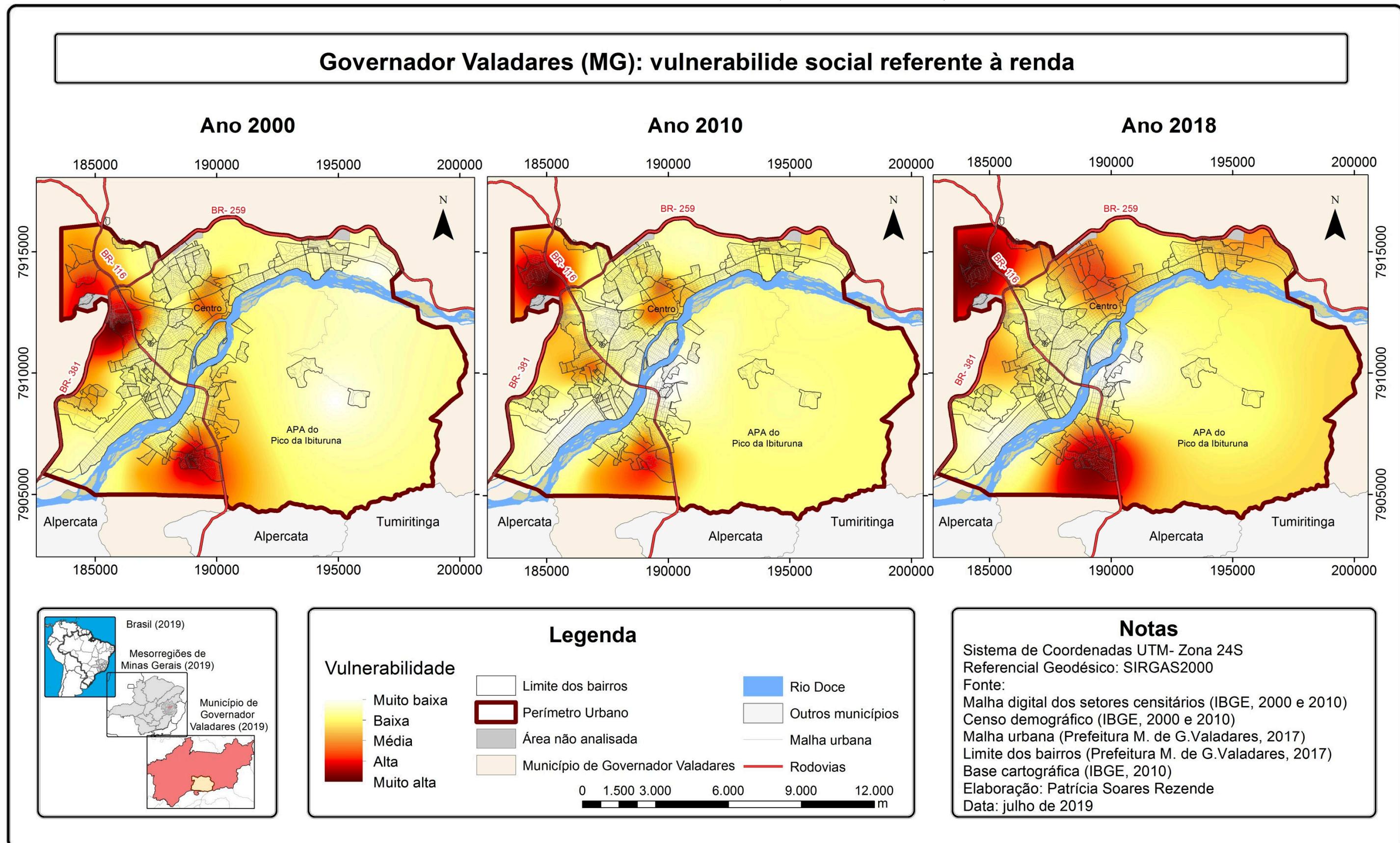
Com relação às classes muito alta e alta, percebe-se que ao longo dos anos elas têm se concentrado, principalmente, nas áreas periféricas da cidade, e no ano de 2000, apresentavam 11,74%, evoluindo para uma melhora significativa em 2010 (8,36%). Porém, em 2018, essas classes voltaram a ter uma piora significativa, chegando a 22,40%.

As classes baixa e muito baixa permanecem ao longo dos anos em alguns locais, principalmente no bairro Ilha dos Araújos. No ano de 2000 apresentavam um percentual de 69,78%, e em 2010 passou para 78,21 %, demonstrando que nesse período houve melhora significativa na cidade; mas considerando a projeção para o ano de 2018, esse valor volta a decrescer consideravelmente, passando para 33,21%.

Percebe-se também que os bairros localizados em perigo de inundação pertencem predominantemente à classe baixa de vulnerabilidade referente a renda, mas com ressalva para os bairros São Tarcisio e São Pedro, definidos na classe de alta vulnerabilidade social referente a renda.

Sobre a evolução da desigualdade, o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) apresenta o índice Gini, um indicador utilizado para medir a concentração de renda, no qual valores próximos de 1 indicam desigualdade e próximos de 0, igualdade. De acordo com os dados do Atlas, em 1991 Governador Valadares apresentava 0,59; passou para 0,61 em 2000, em 2010 reduziu para 0,52, demonstrando uma melhora entre os anos de 2000 e 2010, conforme verificado também nesta pesquisa.

FIGURA 69 – Vulnerabilidade social referente à renda (ano de 2000, 2010 e 2018)

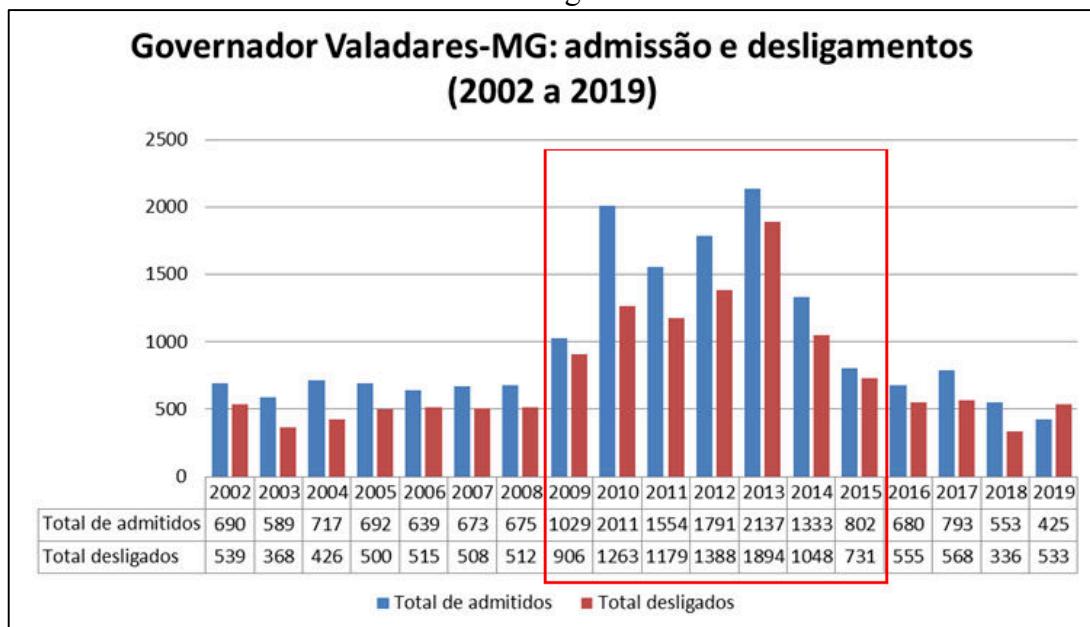


Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Outra informação sobre a desigualdade são os dados publicados pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) feita pelo IBGE, referente ao ano de 2018, que demonstra uma piora do índice Gini para o Brasil quando comparado com os dados do ano de 2012. De acordo com o IBGE (2018, p. 10), “entre 2012 e 2015 houve uma tendência de redução do índice de Gini do rendimento domiciliar per capita (de 0,540 para 0,524), que foi revertida a partir de 2016, quando o índice aumentou para 0,537, chegando a 0,545 em 2018”. Ainda de acordo com o IBGE (2018, p. 1), a região Sudeste apresentava para o índice de Gini do rendimento médio mensal real domiciliar per capita 0,517 em 2012 e 0,533 no ano de 2018, demonstrando que houve piora do índice para essa região.

Pode-se correlacionar ainda o resultado da vulnerabilidade relacionada a renda com os dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged)<sup>29</sup>, disponibilizado pelo do Ministério do Trabalho, em que Governador Valadares apresentou para o período de 2009 a 2015 um aumento significativo em termos de contratação. Entretanto, verifica-se que o ano de 2016 já apresentava redução e esse valor tem diminuído a cada ano, conforme verifica-se na Figura 70.

FIGURA 70 – Dados de admissões e desligamentos em Governador Valadares



Fonte: Brasil (2019).

Essa redução fica mais significativa no ano de 2019, apresentando saldo negativo. Diante dos resultados encontrados na projeção da vulnerabilidade de 2018 e o aumento de

<sup>29</sup> Os dados do ano de 2019 não abrangem o total anual, uma vez que a consulta foi realizada em novembro de 2019.

desligamentos, fica nítido o quanto a população está vulnerável caso ocorra um desastre de inundação, tendo em vista menos condições financeiras para se recuperar quando comparado com anos anteriores, em que a cidade apresentava melhores condições econômicas

É valido ressaltar que a análise do ano de 2018 considerou os dados da projeção, ou seja, considera uma tendência do que vem ocorrendo ao longo dos anos, não leva em consideração nenhuma variável externa que poderia influenciar o resultado, como é o caso de instalação de alguma indústria na cidade ou outras possibilidades que melhorem as condições econômicas.

#### **d) Vulnerabilidade social referente a infraestrutura básica de moradia**

Por fim, o último fator (Figura 73) representou para o ano de 2000 6,13% de variância inicial, e para o ano de 2010 13,15%, sendo este representado pelo fator 3. Esse fator é formado pelas variáveis de ausência de abastecimento de água da rede geral, coleta de lixo e escoamento sanitário. Considerando o recorte temporal, a Tabela 23 apresenta o percentual de cada classe de vulnerabilidade social para os diferentes anos.

**TABELA 23 – Classes de vulnerabilidade social relacionada à infraestrutura básica de moradia**

<b>Vulnerabilidade</b> <b>Classes</b>	<b>Ano 2000</b> <b>Área %</b>	<b>Ano 2010</b> <b>Área %</b>	<b>Ano 2018</b> <b>Área %</b>
<b>Muito baixa</b>	34,04	40,06	45,23
<b>Baixa</b>	23,89	19,83	16,63
<b>Média</b>	22,38	19,05	18,53
<b>Alta</b>	14,57	15,75	16,63
<b>Muito alta</b>	5,12	5,29	2,98

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Com relação às classes de vulnerabilidade social alta e muito alta, para ano de 2000 foi de 19,69 % e localizou-se a leste da área de estudo, nas margens do Rio Doce. Trata-se de um bairro que apresentava pouca ocupação. No ano de 2010, houve acréscimo nessas áreas, chegando a 21,04%, observando-se a permanência de vulnerabilidade a leste e a oeste da área de estudo. Já para o ano de 2018 (19,61%), houve a permanência das áreas consideradas vulneráveis em 2000 e 2010 e verificou-se ocorrência nos bairros Jardim Aline, JK I e Canaã, localizados nas margens do Rio Doce.

Percebe-se que a mancha de vulnerabilidade social alta e muito alta foi acompanhando a criação dos bairros nos últimos anos; por exemplo, no ano de 2018 as áreas de

vulnerabilidade social que se destacaram estão nos bairros em expansão, como o Canaã e JK I.

As classes de vulnerabilidade social baixa a muito baixa apresentaram para o ano de 2000 um percentual de 57,93%, em 2010 aumentou para 59,89%, e para o ano de 2018 atingiu a marca de 61,86%, concentrando, assim, o maior percentual da área de estudo para todos os anos analisados.

Corroborando com esta pesquisa, o Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) informa que a cidade de Governador Valadares no ano de 2000 tinha 97% da população atendida com água e 95,01% atendidos com esgoto. No ano de 2010 passou para 99,5% com recebimento de água e 97,56% com esgoto; por fim, o ano de 2017 apresentou 99,66% com relação água e 97,74% com relação a esgoto sanitário. Esses dados apresentam a realidade encontrada também nesta pesquisa, apresentando melhora em relação às condições de infraestrutura ao longo dos anos.

Apesar de Governador Valadares ser caracterizada como uma cidade de baixa vulnerabilidade social em relação à infraestrutura básica de moradia, foi verificado em campo a presença de lixo (Figuras 71 e 72) nas margens do Rio Doce, córregos e nas ruas, fato que contribui para a degradação da área e em momento de inundação a cidade acaba sofrendo mais consequências, principalmente em relação a doenças de veiculação hídrica; lembrando também que o lixo é espalhado pelas ruas, causando entupimento dos bueiros e ainda contribuindo para proliferação de animais peçonhentos.

FIGURA 71 – Presença de lixo na margem do Rio Doce, no bairro Santa Terezinha



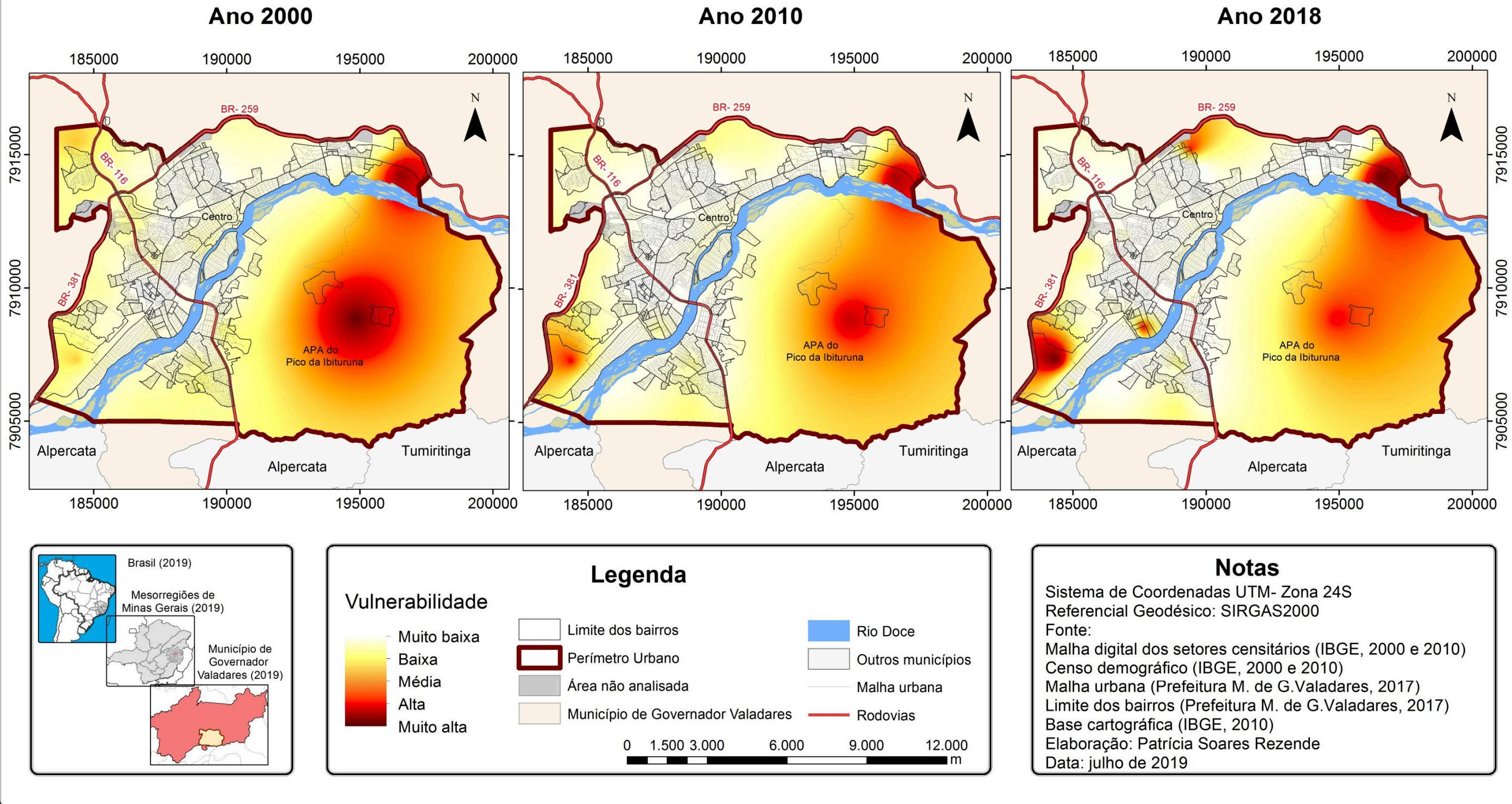
FIGURA 72 – Poluição do córrego e presença de lixo



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

FIGURA 73 – Vulnerabilidade social referente à infraestrutura básica de moradia (ano de 2000, 2010 e 2018)

## Governador Valadares (MG): vulnerabilidade social referente a infraestrutura básica da moradia



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Além do lixo verificado em campo, em Governador Valadares (Figura 75) “os esgotos são lançados sem tratamento em cursos d’água da cidade ou diretamente no Rio Doce” (GOVERNADOR VALADARES, 2015a, p. 41), configurando uma situação problemática quando ocorre um desastre, tendo em vista que a água da inundação já está contaminada pelo esgoto.

FIGURA 74 – Local de despejo do esgoto direto no Rio Doce, no Bairro São Pedro



FIGURA 75 – Esgoto a céu aberto, localizado no bairro Santa Terezinha



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Ao considerar a vulnerabilidade social a inundação encontrada em Governador Valadares para os anos de 2000 e 2010, foi possível perceber que apenas o fator infraestrutura básica de moradia apresentou piora. Já em 2018, o fator “responsáveis pelo domicílio/idade e renda” foram agravados; os demais fatores apresentaram melhora, com destaque para o fator infraestrutura básica de moradia, com melhora significativa quando comparado com os demais.

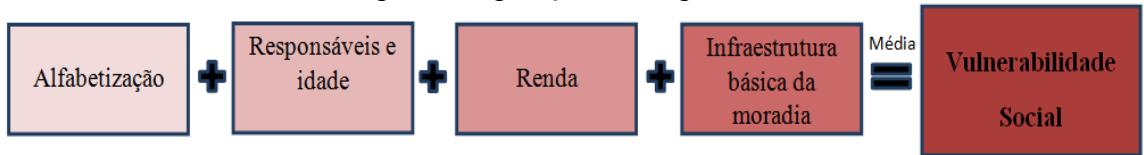
É importante ressaltar que, para as áreas de exposição a inundação, a única variável que apresentou melhora ao longo dos anos foi alfabetização. Destaca-se ainda a significativa piora em 2018 para a vulnerabilidade relacionada a renda e infraestrutura básica de moradia, principalmente nos bairros em que foi verificado aumento de urbanização nos últimos anos.

Além de analisar as diferentes vulnerabilidades representadas pelos fatores, é importante termos uma visão geral em relação à vulnerabilidade social, para conhecer os locais em que as vulnerabilidades se sobrepõem. Essa análise será realizada no mapa da Figura 81, que apresenta o mapa final de vulnerabilidade social.

#### e) Mapa final de vulnerabilidade social

Esse mapa foi elaborado a partir da álgebra de mapas, pela média simples (Figura 76), entre os quatro fatores discutidos anteriormente.

FIGURA 76 – Fatores utilizados para composição do mapa final de vulnerabilidade social

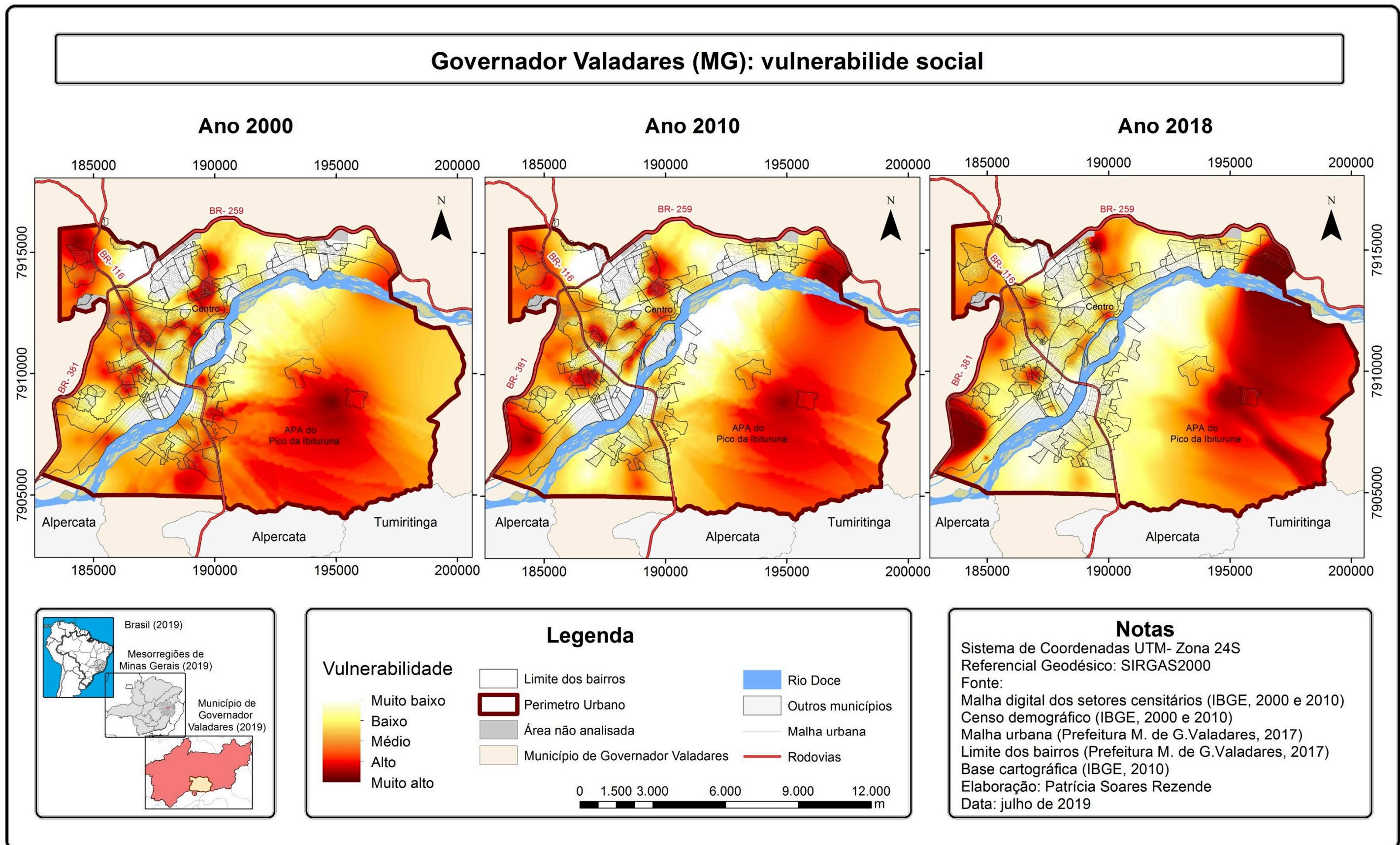


Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

A vulnerabilidade social (Figura 77) para o ano de 2000 apresenta maior percentual para a classe alta (33,12%). Considerando as classes alta e muito alta, tem-se um percentual de 44,61% da área de estudo e estão concentradas, principalmente, nas áreas periféricas, como os bairros Carapina, Santo Antônio, parte do Altinópolis. Além desses bairros, essa classe apresenta-se também nos bairros diagnosticados em perigo de inundaçāo, como a parte inicial dos bairros Santa Rita, Santa Terezinha, São Tarcisio e parte do bairro Vila Isa.

As classes baixa e muito baixa, totalizando 22,94%, estão localizadas nas áreas com melhores condições econômicas e de infraestrutura. A classe muito baixa se destaca principalmente nos bairros Ilha dos Araújos, Esplanadinha, Maria Eugênia e Morada dos Vales. Já a classe baixa verifica-se nos bairros Vila Bretas e parte do bairro São Pedro.

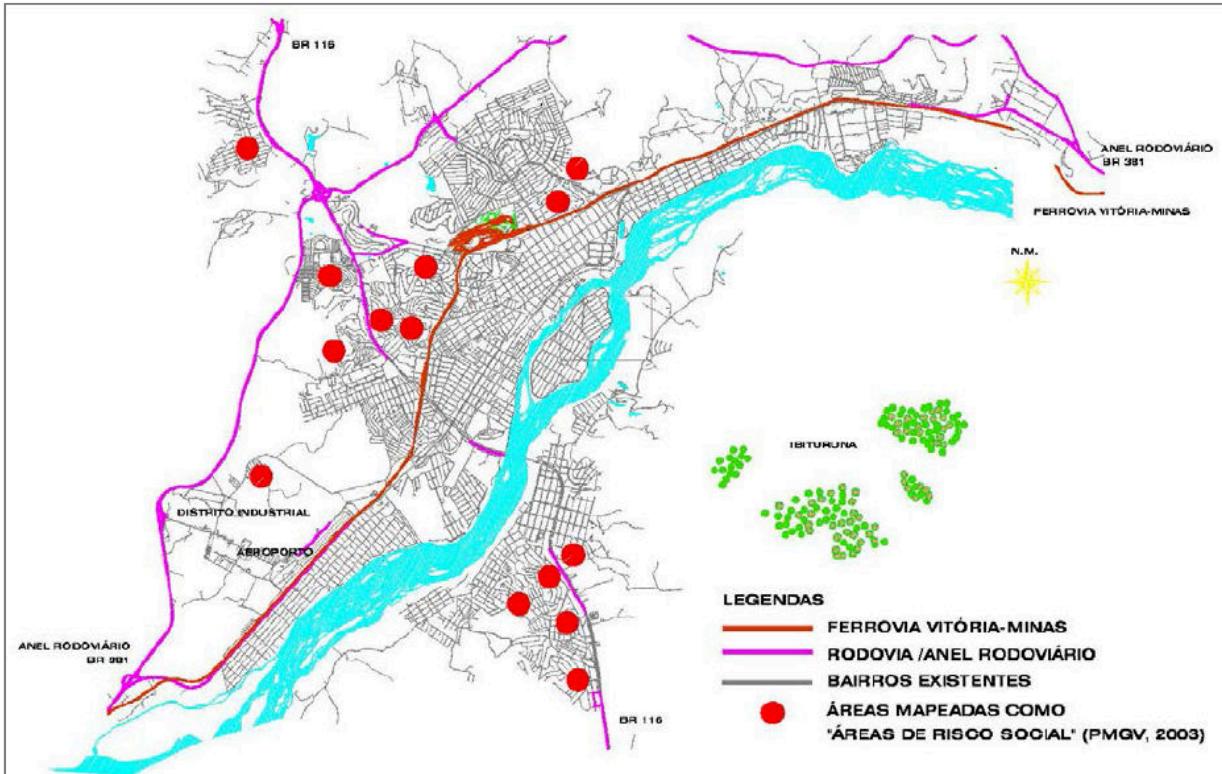
FIGURA 77 – Mapa final de vulnerabilidade social (ano de 2000, 2010 e 2018)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Corroborando com o resultado encontrado para o ano de 2000, Guimarães (2009) retratou as áreas da cidade de Governador Valadares que apresentava risco social (Figura 78), em que demonstra os locais onde as carências relacionadas a infraestrutura e serviços urbanos se sobressaem.

FIGURA 78 – Áreas diagnosticadas com risco social no ano de 2003



Fonte: Guimarães (2009, p. 186).

Verifica-se na Figura 80 que as áreas identificadas no estudo de Guimarães (2009) são também as áreas consideradas como de alta e muito alta vulnerabilidade social diagnosticadas nesta pesquisa para o ano de 2000.

Com relação à vulnerabilidade social para o ano de 2010 (Figura 77), a classe de maior representatividade foi também a classe alta (35,21%), com uma taxa de crescimento de 6,31% em relação ao ano de 2000. Somando as classes alta e muito alta, tem-se um percentual de 46,56% e verifica-se que ainda permanecem nas áreas periféricas e com expansão para o bairro São Paulo, localizado na área de perigo de inundaçāo.

Com relação às classes de vulnerabilidade baixa e muito baixa, que totalizam 27,34%, verifica-se que sua espacialização continua sobre os bairros Ilha dos Araújos, Esplanadinha, Maria Eugênia e Morada dos Vales, e se expandiu para a parte inicial da Vila Isa.

Por fim, o mapa de vulnerabilidade social para o ano de 2018 (Figura 77), elaborado a partir de dados projetados, sem considerar as influências externas, apresenta a situação mais recente de Governador Valadares, em que a classe de maior destaque é a vulnerabilidade baixa, ocupando 28,64% da área.

Com relação à classe de vulnerabilidade alta, com um percentual de 23,26%, localiza-se ainda nos bairros periféricos. Nas áreas consideradas em perigo de inundação estão os bairros Santa Terezinha, parte do Centro e parte final do bairro São Paulo (Figura 79 a, b).

FIGURA 79 – Exemplos de moradias localizadas em vulnerabilidade social alta

(a) Bairro Santa Terezinha

(b) Bairro São Paulo



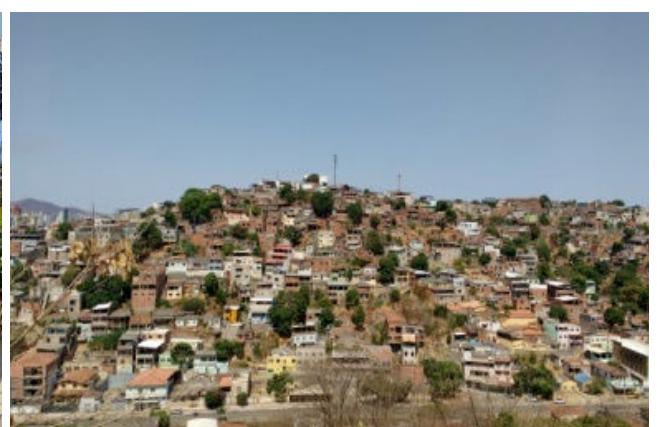
Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Além dessa classe, foi diagnosticada na área de estudo a classe de vulnerabilidade social muito alta 2,90%, cuja localização espacial está concentrada principalmente no bairro Santa Terezinha (área de perigo de inundação), Santo Antônio e Carapina (Figura 80).

FIGURA 80 – Exemplos de moradias localizadas em vulnerabilidade social muito alta

(a) Bairro Altinópolis

(b) Bairro Carapina



(c) Bairro Turmalina



(d) Bairro Santa Terezinha



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

As classes de vulnerabilidade social baixa (Figura 81 a,b) e muito baixa (Figuras 81c e 85d), totalizando 46,56% da área de estudo, localizam-se nas áreas mais centrais, com destaque para o bairro Ilha dos Araújos, Universitário, Vila Bretas, Esplanadinha, Morada dos Vales, Belvedere, entre outros.

FIGURA 81 – Moradias localizadas em vulnerabilidade social baixa e muito baixa

(a) Bairro Vila Bretas (baixa vulnerabilidade)



(b) Bairro Universitário (baixa vulnerabilidade)



(c) Bairro Belvedere (muito Baixa vulnerabilidade)



(d) Bairro Ilha dos Araújos (muito Baixa vulnerabilidade)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

São nessas classes que se verifica as melhores condições de infraestrutura urbana (Figura 82 a), acessibilidade, mobilidade urbana, melhores condições das praças e presença de maior percentual de arborização urbana (Figura 82 b).

FIGURA 82 – Exemplo de melhores condições de urbanização

(a) Acessibilidade da Avenida JK (b) Praça arborizada no bairro Vila Bretas



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019) e Fotos antigas e atuais de Governador Valadares (2019).

Conforme verificado anteriormente, a cidade de Governador Valadares apresentou modificações para as classes de vulnerabilidade quando analisado o recorte temporal proposto nesta pesquisa. Essa alteração pode ser compreendida com detalhes na Tabela 24, que apresenta o percentual de cada classe de vulnerabilidade social para os diferentes anos.

TABELA 24 – Classes de vulnerabilidade social para diferentes anos

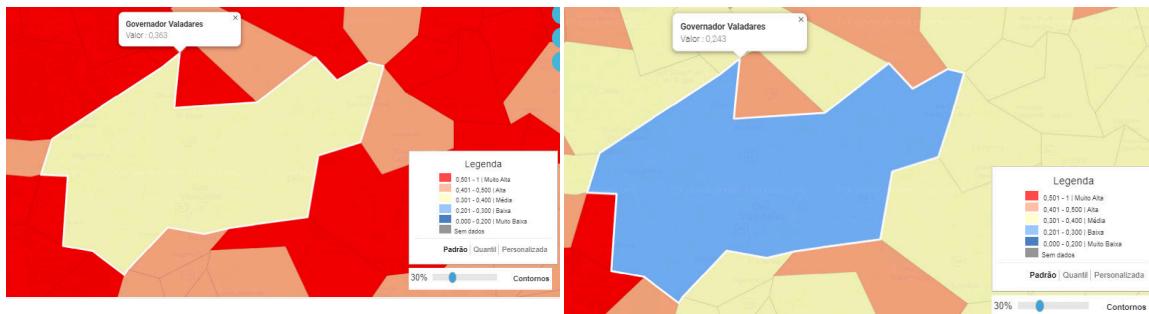
Vulnerabilidade social Classes	Ano 2000 Área %	Ano 2010 Área %	Ano 2018 Área %	Taxa de Variação % (2000 a 2010)	Taxa de Variação % (2010 a 2018)	Taxa de Variação % (2000 a 2018)
<b>Muito baixa</b>	6,42	9,39	17,92	46,21	112,14	179,13
<b>Baixa</b>	16,52	17,95	28,64	8,65	59,55	76,36
<b>Média</b>	32,45	26,10	27,26	-19,58	4,44	-15,99
<b>Alta</b>	33,12	35,21	23,26	6,31	-33,94	-29,77
<b>Muito alta</b>	11,49	11,35	2,90	-1,21	-74,45	-74,76

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando os dados da Tabela 24, verifica-se que a cidade de Governador Valadares tem apresentado de forma geral melhorias com relação à vulnerabilidade. Quando comparados os anos de 2000 e de 2010, percebe-se que a classe muito baixa foi a que apresentou maior taxa de crescimento (46,21%). Já em termos absolutos, a classe média foi a que apresentou a maior alteração, com redução de 6,35%.

Corroborando com o encontrado nesta pesquisa, a Figura 83 apresenta o resultado do mapeamento de vulnerabilidade social dos municípios brasileiros divulgado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) (2015), que também retrata uma melhora na vulnerabilidade social para Governador Valadares de 2000 para 2010.

FIGURA 83 – Vulnerabilidade social de Governador Valadares para o ano de 2000 e 2010  
 (a) Ano de 2000 (b) Ano de 2010



Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015).

Conforme apresentado na Figura 83, no ano de 2000 Governador Valadares era considerada em situação de vulnerabilidade social média, com valor absoluto de 0,363. Já em 2010, passou para a classe de vulnerabilidade baixa, com valor absoluto de 0,243, ou seja, apresentou uma taxa de redução de 33,06% em dez anos.

O estudo do Ipea<sup>30</sup> (2015) apresenta ainda as variáveis que mais contribuíram para essa redução da vulnerabilidade social, e na cidade de Governador Valadares a infraestrutura urbana foi a dimensão que mais contribuiu para essa redução, seguida da renda, trabalho e capital humano (Figura 84). Já em nosso estudo (Figura 77), verificou-se que os fatores que mais contribuíram para a redução da vulnerabilidade de 2000 para 2010 foram a alfabetização, seguida da variável “responsáveis pelo domicílio/idade”.

FIGURA 84 – Índices de vulnerabilidade social para Governador Valadares em 2000 e 2010

IVS	PLANILHA	MAPA	O ATLAS	BIBLIOTECA	Pesquisar no site		
Nome da UF	Nome do Município	Ano	IVS	IVS Infraestrutura Urbana	IVS Capital Humano	IVS Renda e Trabalho	
Selezione 	Governador Valadarez 	Selezione 					
Minas Gerais	Governador Valadarez	2000	0.363	0.147	0.462	0.481	
Minas Gerais	Governador Valadarez	2010	0.243	0.081	0.326	0.321	

Fonte: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (2015).

Comparando ainda o ano de 2010 com 2018 (projeção), verifica-se que a classe que continuou apresentando maiores alterações foi a muito baixa, com uma taxa de crescimento de 112,14%. Verifica-se ainda que a classe alta obteve taxa de redução de 33,94%, e a classe muito alta alcançou taxa de redução de 74,45%, demonstrando que a vulnerabilidade tendeu a

<sup>30</sup> Para maiores detalhes das variáveis que compõem cada dimensão da vulnerabilidade social do Ipea (2015), acessar: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/sobre>.

uma diminuição ao longo dos anos. Essa diminuição da vulnerabilidade é respondida pela diminuição da vulnerabilidade relacionada a alfabetização e infraestrutura básica de moradia.

Com relação à vulnerabilidade social nas áreas diagnosticadas em perigo de inundação, percebe-se que os bairros Santa Rita e Vila Isa apresentaram melhoras ao longo dos anos. Já nos bairros São Paulo, São Tarcísio, Santa Terezinha e Centro C houve pouca redução da vulnerabilidade, estando estes ao longo dos anos com predominância nas classes média e alta de vulnerabilidade social.

Ainda com relação aos bairros em perigo de inundação, verifica-se que Canaã, JK I e parte do Jardim Alice em 2018 tiveram aumento significativo de vulnerabilidade social, passando da classe muito baixa para a classe média a alta, e o bairro São Pedro passou da classe média para a classe alta. Percebe-se ainda aumento da vulnerabilidade social no bairro Ilha dos Araújos, aumento este que pode estar relacionado com o fator de responsáveis pelo domicílio e idade.

É válido ressaltar que as áreas (Canaã e JK I) diagnosticadas no ano de 2018 nas classes de vulnerabilidade social alta e muito alta são também as áreas que aumentaram o percentual de urbanização (maior exposição a inundação), conforme discutido no item 4.3, e são consideradas em perigo de inundação médio e alto (item 4.2), demonstrando a necessidade de maior atenção para essas áreas.

Por fim, verifica-se que as condições de vulnerabilidade social em Governador Valadares apresentaram melhora. Entretanto, alguns locais ainda permanecem em condições vulneráveis, principalmente as áreas localizadas em perigo de inundação. Diante disso, é fundamental que a gestão urbana continue atuando na cidade para reduzir os índices, objetivando se tornar uma cidade com mais qualidade de vida e mais resiliente aos desastres.

Após identificada a vulnerabilidade social na área de estudo, o próximo item apresenta o mapeamento do risco de desastre por inundação. Considerando o resultado do mapeamento, será possível verificar se houve redução ou aumento do risco de desastre por inundação ao longo dos anos.

#### **4.5 Compreendendo os cenários temporais de risco de desastre por inundação**

A ideia desta pesquisa foi utilizar cenários temporais para compreender a construção do risco de desastre por inundação. Pois, como apontado por Veyret (2013, p. 27), “a prevenção e a proteção contra os riscos não podem ser compreendidas fora de uma dimensão temporal”. Assim, os cenários aqui apresentados são ferramentas essenciais para o

entendimento dos riscos, considerando um recorte temporal, pois assim é possível entender quais áreas ainda continuam em situação de risco e quais áreas estão sendo inseridas no risco, ou ainda se houve diminuição do risco, tendo em vista que o ambiente urbano apresenta uma dinâmica que altera as regiões de risco.

Quando se pensa em utilizar os cenários para compreender a construção do risco de desastre por inundação se reconhece o desafio, principalmente para o cenário de 2018, pois, conforme Wright e Spers (2006, p. 13), elaborar cenários não se trata de predição, mas sim de informações admissíveis e consistentes de situações futuras que podem acontecer. E quando se pensa em risco, perigo e vulnerabilidade, os cenários são fundamentais, pois ao realizar uma compreensão temporal, será possível buscar estratégias para construir “cidades mais humanas, eficientes, sustentáveis e inteligentes” (CARVALHO, 2019, p. 2).

Sobre o conceito de risco, Castro, Peixoto e Pires do Rio (2005, p. 27) afirmam que “pode-se considerar o risco vinculado a um acontecimento que pode realizar-se ou não”. Ainda para os autores, o risco só se concretiza quando ocorre perda de algum bem material ou imaterial e que diante disso não se pode pensar em risco sem considerar a sociedade. De acordo com Medeiros (2018), para ocorrer o risco é necessário ter a probabilidade de ocorrência de um fenômeno danoso (no caso desta pesquisa, a inundação), a exposição (áreas urbanizadas) e a vulnerabilidade (social).

Mas o que se entende sobre construção de risco? Será que as próprias pessoas estão construindo as áreas de risco? Castro, Peixoto e Pires do Rio (2005, p. 28) comentam o assunto:

A busca da definição dos processos que constituem os espaços de riscos aponta para a necessidade de articulação entre as diferentes escalas de ocorrência dos processos perigosos. O risco ambiental deve ser considerado como um processo que se estrutura ao longo do tempo, não estando restrito aos eventos “naturais” ou tecnológicos catastróficos (de grande magnitude e concentrados em curtos intervalos de tempo, ainda que recorrentes), como grandes enchentes, acidentes industriais etc. A construção do risco, tomada como um somatório de processos em diferentes intervalos temporais, está vinculada ao modo de vida moderno e à vida cotidiana nas cidades.

Ainda sobre a construção do risco, Veyret (2013, p. 23) afirma que o “risco é uma construção social”. Almeida (2011b, p. 84) observa também que o risco é um fator presente em nossas vidas, que não existe existência humana com risco zero, e apresenta variação no tempo e no espaço, podendo-se considerar que “riscos e catástrofes são próprios da modernidade”. Ou seja, a partir do momento em que se constrói uma edificação nas margens de rio, constroem-se as áreas de risco, pois se altera a dinâmica natural do rio; e no período de

verão o transbordamento que era para ser benéfico passa a ser considerado um transtorno para quem mora nesses locais.

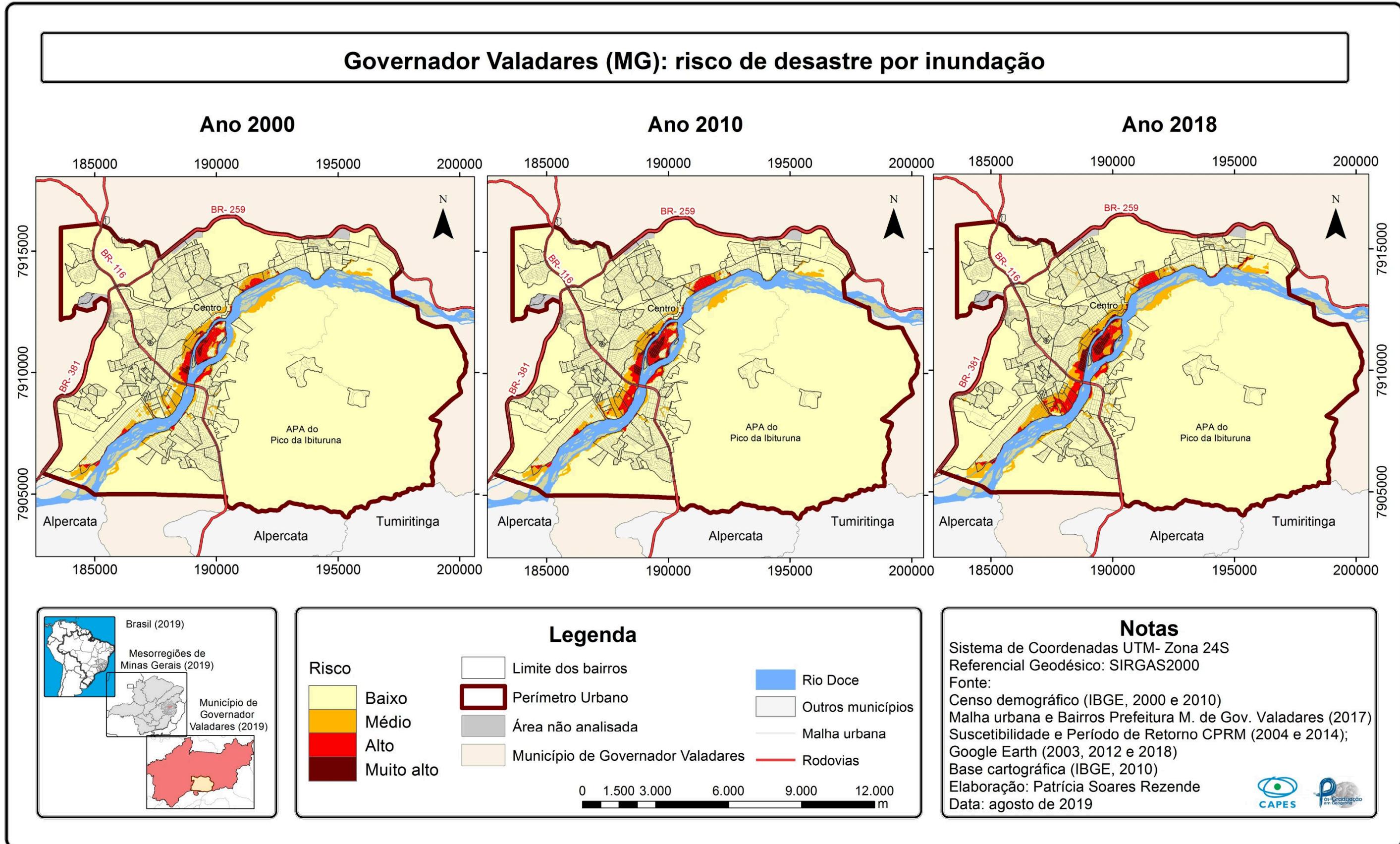
Assim, considerando que é nas cidades que se encontra o maior número populacional e que seus espaços por vezes são ocupados sem planejamento, são nesses locais que a cada dia se constroem áreas de risco de desastres. Mas para identificar as áreas de risco de desastres, uma das formas é através de mapeamentos, ferramenta fundamental para os gestores urbanos, pois ao utilizá-lo é possível identificar “onde é geograficamente mais ou menos exposto ao perigo e quem tem mais ou menos condições de preparar para enfrentar, suportar e se recompor pós- afetado pelo perigo” (MEDEIROS, 2018, p. 34).

Diante disso, há várias indagações a serem discutidas neste item, como: a população está sobreposta em qual grau de risco de inundaçāo? As pessoas estão aumentando (construindo) ou diminuindo (desconstruindo) os espaços de risco?

Para entender essas indagações, o mapeamento de risco de desastre por inundaçāo (Figuras 85 e 86) foi elaborado considerando o perigo, exposição e vulnerabilidade social, e para sua construção utilizou a álgebra de mapas a partir da multiplicação dos três elementos. Obteve-se como resultado o mapeamento considerando quatro graus de risco: baixo, médio, alto e muito alto.

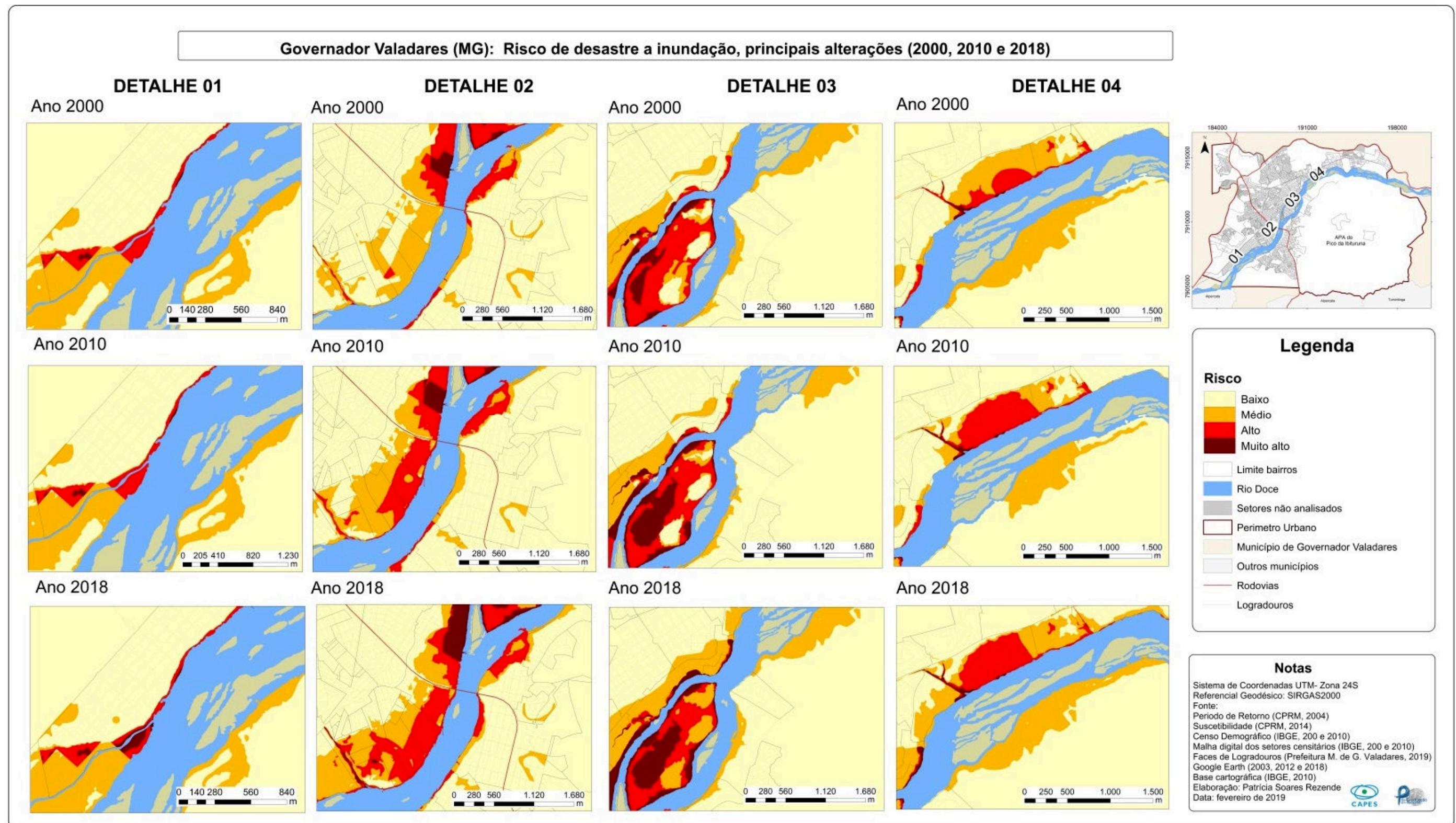
É válido lembrar que esse tipo de mapeamento se enquadra como uma medida não estrutural e servirá de suporte para os gestores urbanos no monitoramento das áreas consideradas em risco de inundaçāo e servirá também de auxílio para a organização do espaço urbano, pois delimitam as áreas que necessitam de estudos mais complexos antes de ser erigida uma edificação.

FIGURA 85 – Mapa de risco de desastres por inundações (2000, 2010 e 2018)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

FIGURA 86 – Mapa de risco de desastre por inundação, trechos para os diferentes anos (2000, 2010 e 2018)



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Considerando o recorte temporal proposto nesta pesquisa, e para que fosse possível compreender as alterações do risco de desastre por inundação ao longo dos anos, o primeiro cenário, ano 2000, apresenta as áreas abarcadas nos diferentes graus de risco. O grau de risco muito alto localiza-se na parte baixa dos bairros São Paulo, Santa Terezinha, Centro C e Ilha dos Araújos. Margeando o risco muito alto, tem-se o grau de risco alto, que apresenta maior espacialização, localizado nos bairros Santa Rita, São Paulo, Santa Terezinha, Centro C, São Tarcisio, Ilha dos Araújos, São Pedro e parte baixa do bairro Universitário. Com relação ao risco médio, verifica-se que margeia o risco alto e localiza-se com destaque nos bairros Jardim Alice, JK I e III, Santa Terezinha, parte baixa do Vila Isa e Vila dos Montes. Por fim, tem-se o risco baixo, localizado nas áreas com maior declividade e não consideradas em muito baixa probabilidade no mapeamento de período de retorno.

Decorridos dez anos, o ano de 2010 apresenta a espacialização dos graus de risco de desastre por inundação, no qual o risco muito alto permanece localizado no bairro São Paulo, Santa Terezinha, Centro C e Ilha dos Araújos. Com relação ao risco alto, verifica-se que apresentou expansão para os bairros Jardim Alice, JK III – em 2000 esses bairros apresentavam grau de risco médio a baixo. Já nos bairros São Paulo e São Pedro, verifica-se também aumento da mancha do risco alto. Quanto ao risco médio, verifica-se que houve redução, principalmente nos bairros São Pedro e Universitário. Já a classe baixa apresenta localização nas áreas com maiores declividades.

Por fim, considerando o cenário mais recente, tem-se o ano de 2018, em que o grau de risco muito alto, permaneceu no bairro Ilha dos Araújos e apresentou expansão para os bairros Nova Santa Rita (Figura 91a), São Paulo, Centro C e São Tarcísio (Figura 87b).

FIGURA 87 – Bairros que são atingidos pela inundação

(a) Bairro Nova Santa Rita



(b) Parte baixa do Bairro São Tarcísio



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Sobre o risco alto, percebe-se que se expandiu para os bairros Santa Rita, JK I, Vale Pastoril, Canaã e Vila Isa, e se manteve no bairro Ilha dos Araújos. Em 2018, o risco médio apresentou aumento significativo no bairro Santa Rita e expansão para o bairro Esplanadinha. Considerando o mapeamento, é possível comparar os anos (Tabela 25) para entender como o risco tem se alterado ao longo desse período.

TABELA 25 – Área de risco de desastre por inundaçāo para diferentes anos

Risco	Ano 2000 Área %	Ano 2010 Área %	Ano 2018 Área %	Taxa de Variação % (2000 e 2010)	Taxa de Variação % (2010 e 2018)	Taxa de Variação % (2000 e 2018)
<b>Baixo</b>	91,49	91,39	90,17	-0,10	-1,33	-1,44
<b>Médio</b>	5,16	4,55	5,01	-11,82	10,11	-2,90
<b>Alto</b>	2,06	2,53	2,72	22,81	7,50	32,04
<b>Muito alto</b>	1,29	1,54	2,10	19,38	36,36	62,79

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Quando comparados o ano de 2000 com 2010, verifica-se que houve aumento significativo para o risco alto, com uma taxa de variação de 22,81% em dez anos. E para o risco muito alto, houve uma variação de 19,38%. Verifica-se uma taxa de redução de 11,82% para a classe média. Entretanto, as áreas que saíram dessa classe média migraram para a classe alta, o que denota um impacto negativo para a população residente nesses locais.

Comparando o ano de 2010 com o ano de 2018, a maior taxa de variação foi a de risco muito alto (36,36%), seguido do risco médio (10,11%). Já o risco alto apresentou uma variação de 7,5% menor que a variação de 2000 para 2010.

É possível ainda comparar o ano de 2000 com 2018, no qual verificou-se uma alta variação, atingindo um percentual de 62,79% para o risco muito alto e de 32,04% para o risco alto, e apresentou taxas negativas para os riscos baixo e médio.

Diante dos valores de variação, percebe-se que a cidade tem apresentado um crescimento de risco de desastre por inundaçāo. Diante disso, confirma-se a afirmativa de que o “risco é uma construção social”. Mas o que influenciou para esse aumento ao longo dos anos? Nos mapeamentos apresentados nesta pesquisa, verificou-se que houve aumento de áreas construídas nas margens do Rio Doce, ou seja, houve aumento da exposição e ainda permanência de vulnerabilidade social nos bairros limítrofes do rio. Todas essas variáveis contribuíram para aumentar e potencializar os espaços de risco de desastre por inundaçāo.

Considerando todo o exposto, pensa-se ainda na possibilidade de concretização do risco em desastre, logo vêm em mente as perdas e danos. O dano é entendido como a intensidade de perdas humanas, materiais e ambientais ocasionadas pelo desastre (DUARTE;

MARGARIDA; NASCIMENTO, 2008). Assim, para conhecer o dano caso o cenário de 2018 se concretize e para realizar uma análise temporal, foi feita a contagem populacional e de moradia para os diferentes graus de risco. Para isso, adaptou-se a ideia de Righi (2016) e utilizou-se a base de dados com o vetor das unidades habitacionais disponibilizada pela Prefeitura de Governador Valadares no ano de 2017, considerando as imagens de satélite do ano de 2002, 2012 e 2018 sem levar em consideração a quantidade de pavimentos e distinção das edificações quanto à finalidade (residencial ou comercial). Após atualização das edificações para cada ano, fez-se a contagem das edificações para cada grau de risco. Para a edificação sobreposta em diferentes graus de risco, foi considerado o grau de risco com o maior percentual de área ocupada na edificação.

Para o cálculo populacional, fez-se inicialmente a divisão do total de edificações pelo número populacional do censo demográfico do respectivo ano. Para o ano de 2018, considerou-se o resultado populacional da projeção. Considerando a divisão, adotou-se o valor médio de 1,71 habitantes por edificação para a contagem populacional aproximada das pessoas residentes nos graus de risco. A Tabela 26 apresenta o quantitativo das edificações em cada grau de risco de desastres por inundação.

TABELA 26 – Quantidade de edificações expostas aos graus de risco de desastres por inundação

Variáveis	Grau de risco em 2000				Grau de risco em 2010				Grau de risco em 2018			
	M.	Alto	Médio	Baixo	M.	Alto	Médio	Baixo	M.	Alto	Médio	Baixo
Edificação	988	5.751	10.300	115.323	2.285	7.932	8.961	135.516	2.817	7.958	13.311	137.105
População	1.689	9.834	17.613	197.202	3.907	13.564	15.323	231.732	4.817	13.608	22.762	234.450
%	0,72	4,17	7,46	83,53	1,54	5,35	6,05	91,49	1,76	4,96	8,29	85,42
População <sup>31</sup>												

Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

Ao analisar a Tabela 26, percebe-se que houve aumento do número de edificações para os três anos para os graus de risco muito alto, alto e baixo, sendo que o maior aumento ocorreu para o ano de 2010. Já o risco médio apresentou redução no ano de 2010 e aumento no ano de 2018.

Com relação ao total de pessoas expostas ao risco de inundação (grau muito alto a médio), verifica-se o aumento populacional, uma vez que em 2000 havia 29.137 pessoas, em

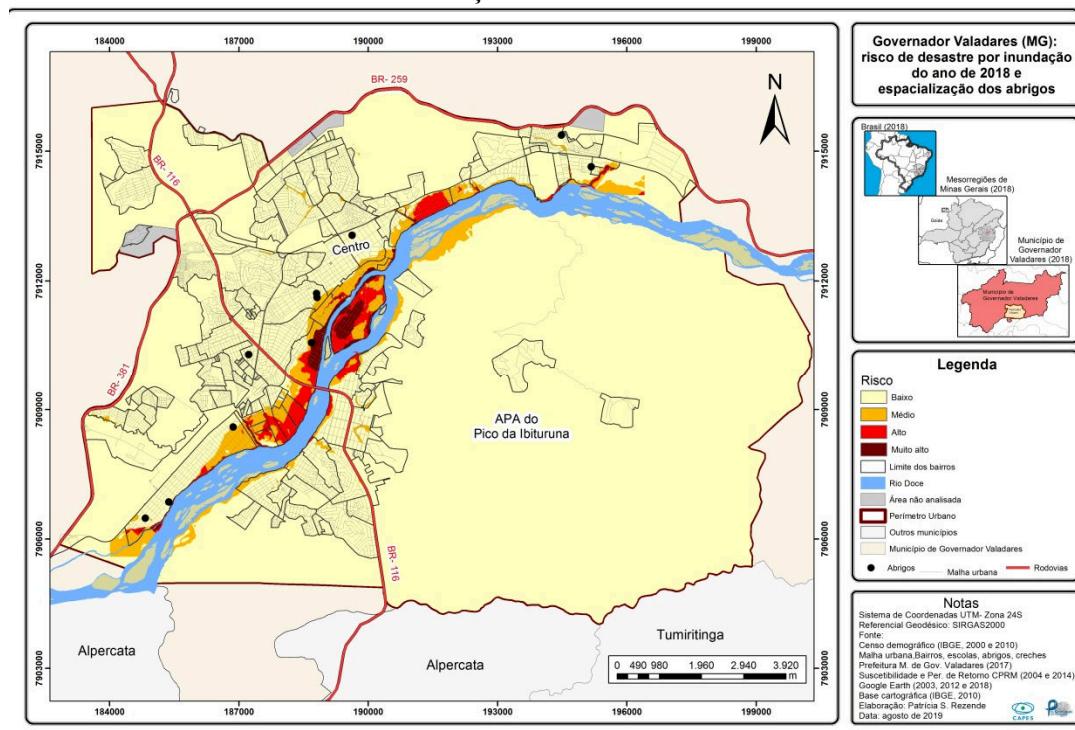
<sup>31</sup> Cálculo considerando a população urbana em 2000: 236.098 pessoas; população urbana em 2010: 253.300 pessoas (censo demográfico IBGE, 2000 e 2010). População urbana em 2018: 274.452 pessoas (dados projetados desta pesquisa).

2010, 32.794, e no ano de 2018 passou para 41.187 pessoas, ou seja, para o último ano a cidade apresenta 15% da sua população residindo em área de risco de inundaçāo, valor significativo, tendo em vista as diferentes vulnerabilidades diagnosticadas na área.

Com relação à quantidade de 41.187 pessoas expostas a grau muito alto a médio, verifica-se uma aproximação com o número de pessoas informado pela Defesa Civil de Governador Valadares em 2020<sup>32</sup>, pois quando a cota de 4 metros é atingida, cerca 55 mil pessoas são afetadas pela inundaçāo.

Considerando o total de pessoas que poderão ser atingidas, verificou-se ainda a localização dos abrigos, creches e escolas (Figura 88). Com os dados fornecidos pela Prefeitura de Governador Valadares e o resultado do mapa do ano de 2018, foi verificado que apenas o abrigo Escola Estadual Professor Darcy Ribeiro está localizado em grau de risco médio e os demais estão situados em baixo grau de risco de inundaçāo. A localização dos abrigos é fator fundamental caso um desastre ocorra, pois as pessoas que estão nesses locais não podem permanecer em abrigos que estão em risco de inundaçāo, tendo em vista que aumentaria a quantidade pessoas expostas.

FIGURA 88 – Mapa com a localização dos abrigos para os graus de risco de desastre por inundaçāo do ano de 2018



Fonte: Patrícia Soares Rezende (2019).

<sup>32</sup> Sobre o número populacional informado pela Defesa Civil, consultar: <http://www.saaegoval.com.br/detalhe-da-materia/info/coordenadoria-municipal-da-defesa-civil-alerta-para-risco-de-transbordamento-do-rio-doce/16801>.

Com relação à localização das creches e escolas da rede municipal e estadual, constatou-se uma creche localizada em cada grau de risco. Já com relação as escolas têm-se duas localizadas em risco alto e seis em risco médio. É fundamental que os gestores façam monitoramento desses locais no período de verão tendo em vista o quantitativo de alunos que ficam expostos caso uma inundação ocorra.

Após esse diagnóstico anual e considerando a proposta metodológica de utilizar cenários para compreender os espaços de risco de desastre por inundação ao longo dos anos, foi possível identificar os locais que estão frequentemente em situação de risco, com destaque para aqueles situado em risco alto e muito alto, pois são áreas que necessitam de total atenção por parte dos gestores municipais para reduzir os danos caso o risco concretize.

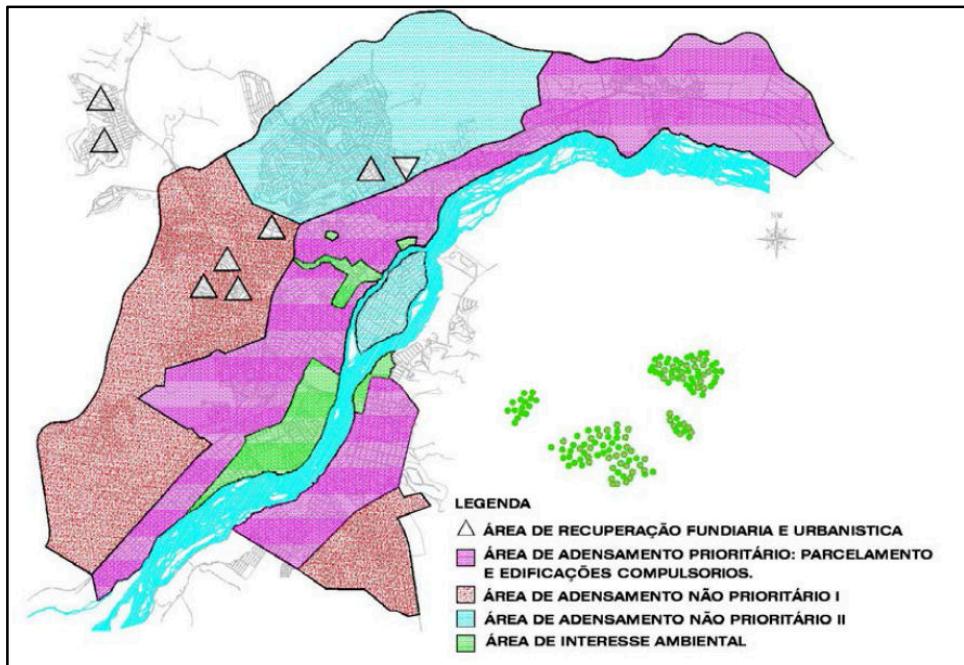
Identificou-se que os bairros São Pedro, Ilha dos Araújos, parte dos bairros São Paulo, Santa Terezinha, Santa Rita e São Tarcisio permaneceram em risco alto a muito alto ao longo dos três anos analisados. Já os bairros, JK I e III, Canaã, Jardim Alice tiveram o grau de risco aumentando à medida que se intensificou a exposição e sua vulnerabilidade social.

Sabendo que a área urbana possui áreas consideradas em perigo de inundação e pelo quantitativo de ocorrências de inundação registradas desde o ano de 1979, fez-se uma análise dos mapeamentos constantes nos planos diretores dos anos de 2003 e de 2019, com intuito de identificar como as áreas de planícies são abordadas nesses documentos orientadores.

Após pesquisa junto a Prefeitura de Governador Valadares, identificou-se o mapa do macrozoneamento urbano de 1993, no qual verifica-se que os bairros Santa Rita, São Pedro, Santa Terezinha, São Paulo e demais bairros localizados nas margens do Rio Doce eram locais identificados como “área de adensamento prioritário”. O que chama atenção é que ao considerar essas áreas como “adensamento prioritário”, não se observou suas fragilidades ambientais, pois são justamente as áreas de planície de inundação.

Ressalte-se ainda que não se considerou também as APAs e nem as ocorrências de inundação registradas antes de 1993, pois o perímetro da área de adensamento prioritário possui continuidade espacial com o Rio Doce, como pode ser visto na Figura 89.

FIGURA 89 – Mapa do macrozoneamento de Governador Valadares de 1993

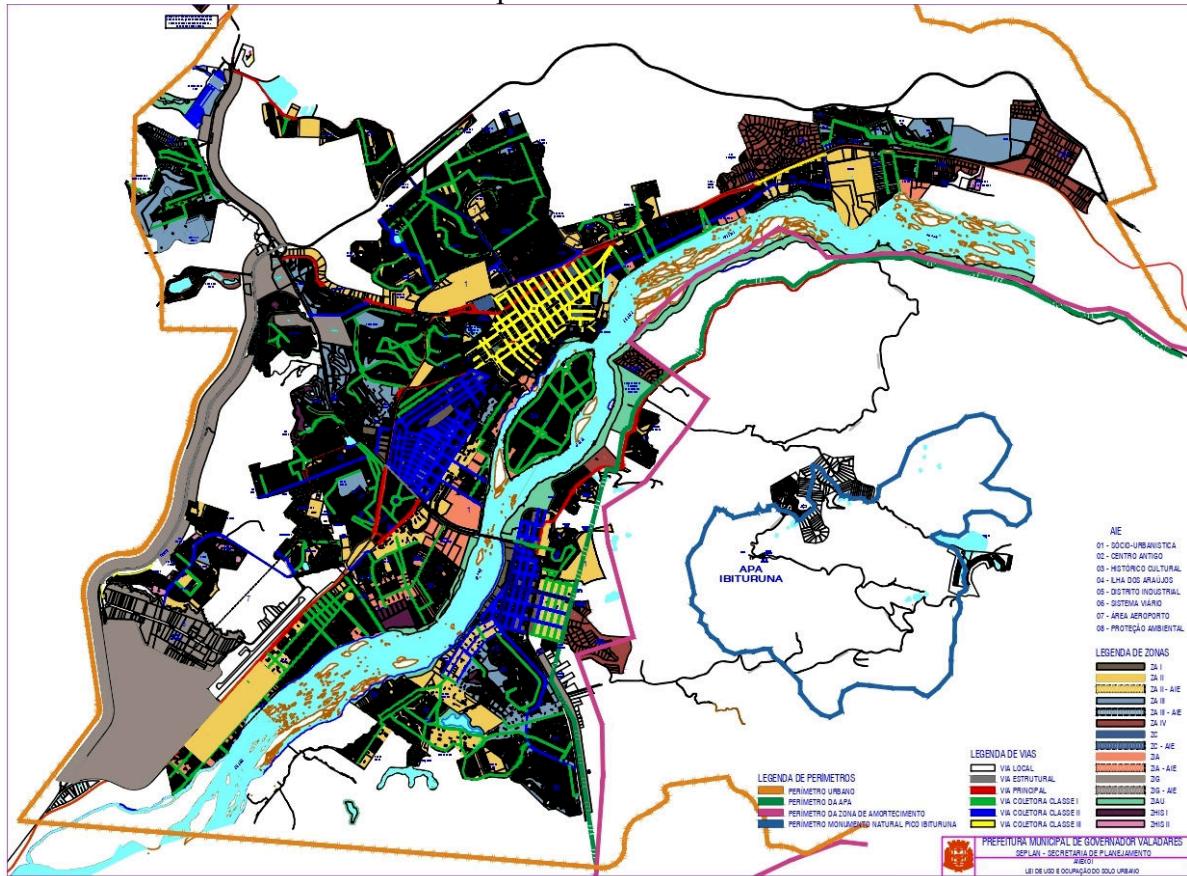


Fonte: Guimarães (2009, p. 125).

Com relação às áreas que apresentaram expansão urbana em 2010 (Canaã, JK, Jardim Alice), eram consideradas como área de interesse ambiental. Já a Lei Complementar 201/2015, alterada pela Lei Complementar 243/2019, sobre uso e ocupação do solo do município de Governador Valadares, apresentou avanços com relação ao risco de inundação, sendo criada a Zona de Influência das Águas (ZIA)<sup>33</sup> que estabeleceu critérios específicos para as edificações. Assim, parte da zona que em 1993 era considerada como adensamento prioritário foi considerada em 2019 (Figura 90) como área de influência das águas. Tal mudança foi benéfica, uma vez que os gestores poderão criar regras mais rígidas para novas ocupações e as áreas que já estão ocupadas poderão monitorar e elaborar medidas para minimizar o impacto de inundação.

<sup>33</sup> “Art. 12 – A Zona de Influência das Águas – ZIA são as regiões que, por sua localização próxima ao Rio Doce, possuem características paisagísticas e ambientais de interesse coletivo, sofrem influências do regime pluvial e, portanto, ficam suscetíveis a critérios específicos, tornando-se uma zona de média ocupação e com maior permeabilidade entre edificações” (GOVERNADOR VALADARES, 2019, p. 5). Para maiores informações acesse a lei complementar 243/2019, disponível em: [http://www.valadares.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Lei\\_Complementar\\_243\\_2019?cdLocal=5&arquivo={C511A808-5B4A-4ACB-78B1-012DEE4DC170}.pdf#search=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2020243](http://www.valadares.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Lei_Complementar_243_2019?cdLocal=5&arquivo={C511A808-5B4A-4ACB-78B1-012DEE4DC170}.pdf#search=LEI%20COMPLEMENTAR%20N%C2%BA%2020243)

FIGURA 90 – Mapa do zoneamento urbano de Governador Valadares do ano de 2019, lei complementar 243/2019



Fonte: Governador Valadares (2019).

Ainda na Lei complementar 243/2019 (Figura 90), observou-se que a parte baixa dos bairros Canaã e Nova Santa Rita foi definida como Zona de Habitação de Interesse Social I (ZHIS I), que de acordo com o artigo 17 da referida lei (p. 6) “são as regiões que foram ocupadas desordenadamente por população de baixa renda, nas quais há interesse público em ordenar a ocupação por meio da urbanização e regularização fundiária e urbanística [...]”.

Diante dos resultados obtidos nesta pesquisa, foi diagnosticada que em 2018, além da expansão do risco, algumas áreas já atingiram o grau de risco alto, ou seja, o risco foi potencializado. Contudo, é importante retornar ao mapa do zoneamento de 1993 (Figura 89), pois observa-se que as áreas em que o risco de desastres por inundação foi potencializado e expandido (Canaã, JK I, II e II e Nova Santa Rita) no zoneamento de 1993 eram consideradas como áreas de interesse ambiental. Logo, a ocupação nesse tipo de área era restrita. Mas como foi observado, não se respeitou a restrição do plano diretor de 1993, transformando essas áreas em situação de risco de desastre por inundação.

Ressalte-se que em decorrência da ocupação registrada no bairro Canaã e Nova Santa Rita, é fundamental que os gestores municipais e a Defesa Civil façam monitoramento contínuo desses locais, tendo em vista que apresentaram aumento da vulnerabilidade social nos últimos anos e estão em constante aumento ocupacional, o que agrava a exposição ao perigo de inundação e potencializam o risco de desastre por inundação.

Com base nos mapeamentos apresentados nesta pesquisa, percebe-se que mesmo diante de todas as inundações registradas, as áreas próximas ao Rio Doce continuaram sendo ocupadas, ou seja, evidenciando a construção das áreas de risco, uma vez que se essas áreas não fossem ocupadas, o processo de enchente do Rio Doce iria acontecer de forma natural, sem atingir as pessoas.

Assim, fica nítida a importância de continuar aprimorando as metodologias para análise de risco de desastres, uma vez que é na cidade que está concentrado o maior número populacional, é nas cidades que tem-se o maior número de pessoas atingidas por diferentes desastres, é nas cidades ainda que se batalha por um dia melhor, por um futuro melhor, mas é também nas cidades que muitas pessoas estão perdendo suas casas, suas famílias, sua história. É preciso repensar a organização das cidades, é preciso continuar avançando em metodologias de vulnerabilidades e de risco de desastre, é preciso pensar que o futuro está próximo, é preciso parar de colocar a culpa na chuva, é preciso pensar que não se pode continuar deixando pessoas morrerem para depois avançar nos estudos de risco de desastre nas cidades brasileiras. Por fim, entendo que é preciso criar estratégias para redução do risco de desastre.

É preciso tomar atitudes para minimizar os impactos decorrentes dos desastres, pois não se pode mudar o perigo, mas é possível atuar na redução das vulnerabilidades, pensar nas formas de ocupação urbana criando mais áreas permeáveis, aumentar o monitoramento de novas ocupações urbanas e ainda criar condições dignas de moradia para as pessoas, para que não sejam criadas nem potencializadas áreas de risco de desastre nas cidades brasileiras.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A compreensão do risco de desastre é de fundamental importância para as cidades. Esta pesquisa buscou contribuir com uma metodologia aplicada na cidade de Governador Valadares (MG). Apesar de ter sido aplicada em uma cidade específica, almeja-se que esta proposta possa ser reaplicada em outras cidades e com isso ser mais uma ferramenta para auxiliar na gestão do risco de desastre.

É importante frisar que esta proposta metodológica foi desenvolvida a partir de técnicas de geoprocessamento e geoestatística, com destaque para a utilização da modelagem na elaboração dos cenários temporais de risco de desastre. Considerando o resultado obtido nos mapeamentos, fica nítida a contribuição das geotecnologias para estudos de risco.

A metodologia desta tese considerou três cenários temporais (ano 2000, 2010 e 2018). Os resultados foram validados para que a metodologia possa ser reaplicada. Para a discussão dos resultados, foi considerada a proposta metodológica que mais se adequou à realidade da área de estudo e com maiores valores nas estatísticas de validação. Ainda com intuito de avançar metodologicamente, utilizou-se a interpolação de dados pelo método spline e a krigagem ordinária para espacialização da vulnerabilidade social, métodos considerados válidos para este tipo de estudo.

A projeção utilizada para os dados de vulnerabilidade social apresentou bons resultados. Porém, essa projeção deve ser utilizada para períodos intercenso (limite máximo de 10 anos). Uma das ideias desta pesquisa foi criar um cenário possível de validação para ser elaborar uma nova projeção para um ano mais distante, que nesse caso trata-se do ano de 2020, estando este ainda dentro do limiar de 10 anos, conforme sugerido na literatura. Considerando essa ideia, será possível comparar os resultados da projeção com os dados do censo demográfico de 2020. Após essa validação, essa metodologia poderá ser utilizada para dispor de dados de vulnerabilidade mais atualizados e com recorte temporal anual.

A projeção não considera influências externas. Uma das sugestões é elaborar uma projeção que seja possível em seu cálculo considerar influências externas, como desemprego, migração, mortalidade, entre outras.

Amparado no trabalho de campo e na validação estatística, considera-se que esta proposta metodológica é válida, viável e possível de reaplicação em outras cidades. Ressalta-se que, como qualquer pesquisa científica, há limitações, e devido à escala de trabalho

adotada, os mapeamentos têm caráter informativo e consultivo. Logo, sugere-se que seja realizado o refinamento da escala para maiores detalhamentos dos mapas aqui apresentados.

Ainda sobre a metodologia aqui desenvolvida, sugere-se a integração de novas variáveis para a vulnerabilidade social, utilização de vulnerabilidade institucional, vulnerabilidade das edificações, aplicação de questionários para avaliação da percepção dos moradores quanto ao risco de desastre por inundação, refinamento da contagem das edificações expostas ao perigo, fazendo a distinção entre edificação comercial e residencial, e ainda aprimoramento da avaliação das perdas e danos, em que seja possível quantificar em termos de valores econômicos os prejuízos causados caso um desastre se concretize.

Com relação às dificuldades para a execução metodológica, tem-se a ausência de imagens de alta resolução de forma gratuita e com uma temporalidade anual, e ausência de mapeamentos em escala de detalhe e atualizados.

Uma das contribuições dessa pesquisa para a cidade de Governador Valadares diz respeito aos vários produtos cartográficos que poderão ser utilizados de forma individual ou em conjunto para dar suporte à prevenção de risco de desastres e para auxiliar a ocupação em novas áreas.

O primeiro mapeamento desta pesquisa aponta que a cidade possui 11,69% de sua área considerada em suscetibilidade alta a inundação. Trata-se dos locais com as menores altitudes, nos quais as características geográficas favorecem a ocorrência da inundação do Rio Doce.

Considerando o mapa de suscetibilidade e o período de retorno, obteve-se o mapa de perigo de inundação, que aborda apenas as características físicas que favorecem a ocorrência de inundação como probabilidade. Identificou-se que a cidade apresenta 7,44% de sua área suscetível a perigo alto de inundação. São as áreas que devem ser monitoradas pelos gestores urbanos para que a ocupação seja realizada de forma planejada.

Foi necessário ainda entender a forma da ocupação urbana, e para isso foram elaborados os mapas de áreas urbanizadas, que apresenta a exposição ao perigo, dos anos de 2003, 2012 e 2018. Com essa análise temporal, foi possível identificar que Governador Valadares apresentou aumento ocupacional significante nas margens do Rio Doce ao longo dos anos. Quando se compararam as classes de urbanização, verifica-se que o período que apresentou maior taxa (15%) para a classe muito densa foi entre 2012 e 2018. E comparando de 2003 para 2012, obteve-se uma taxa de crescimento de 8%. Já o intervalo de 15 anos (2003 a 2018) apresentou uma taxa de crescimento para classe muito densa de 24,71%, crescimento significante.

Ficou evidente também o aumento ocupacional e populacional nas margens do Rio Doce, com destaque para os bairros Canaã, Nova Santa Rita, JK, Universitário e Santos Dumont. Diante disso, os bairros Canaã e JK devem ser monitorados pelos gestores continuamente, tendo em vista que estão inseridos em perigo alto de inundação e estão localizados em período de retorno com probabilidade menor que 10 anos.

Identificada a exposição, analisou-se a vulnerabilidade social, que tratou das características socioeconômicas da população. Esse item apresentou informações relacionadas à ausência de alfabetização, responsáveis pelo domicílio e idade, renda e as condições de infraestrutura urbana. Essas variáveis estão diretamente correlacionadas com os desastres, pois a ausência de alfabetização aumenta a dificuldade de aquisição de informações relacionadas a desastres; crianças e idosos demandam mais atenção caso um desastre ocorra devido a sua mobilidade reduzida. As condições de infraestrutura tendem a potencializar os danos de um desastre e ainda contribuem para aumentar a incidência de doenças de veiculação hídrica, uma vez que a ausência de banheiros e coleta de lixo favorecem o aumento do acúmulo de lixo nas ruas e córregos urbanos. A renda é fator essencial para se recuperar de forma mais rápida de um desastre.

Ao analisar o mapa de vulnerabilidade social, foi evidenciado que Governador Valadares apresenta áreas com sobreposição de alta a muito alta vulnerabilidade social, com áreas consideradas em perigo de inundação. Entretanto, ocorreu também a sobreposição de áreas com baixa vulnerabilidade social sobrepostas a alto perigo de inundação. Diante disso, ficou nítido que a exposição a inundação abrange diferentes classes de vulnerabilidade social. Mas é importante lembrar que as pessoas em situações de alta a muito alta vulnerabilidade apresentam mais dificuldade para se recuperar de uma inundação do que as pessoas consideradas em vulnerabilidade baixa.

Considerando os cenários temporais de vulnerabilidade social, ficou evidenciado que houve redução das classes de vulnerabilidade média a muito alta em alguns locais da cidade. Por outro lado, verificou-se que essa redução não ocorreu de forma significativa nas proximidades do Rio Doce, locais de exposição a inundação. Os bairros não apresentaram redução significativa da vulnerabilidade social, como São Paulo, São Tarcisio, Santa Terezinha e Centro C. Os bairros Canaã, JK I e parte do Jardim Alice tiveram piora nas classes de vulnerabilidade social ao longo dos anos, fato que merece atenção por parte dos gestores urbanos.

Diante de todos os mapeamentos realizados (perigo, exposição e vulnerabilidade), e buscando atingir o objetivo desta tese, apresentou-se os cenários de risco de desastre por

inundação com diferentes graus. Foi verificado que a cidade apresentou expansão de grau de risco muito alto e alto para os cenários analisados, relacionado com o aumento da exposição e com a baixa redução da vulnerabilidade.

Verifica-se também que houve aumento populacional nos graus de risco muito alto, passando de 0,72% em 2000 para 1,54% em 2010, atingindo o percentual de 1,76 em 2018. Já o grau de risco alto apresentou aumento no ano de 2010 e redução no ano 2018. Considerando o número absoluto de pessoas para o grau de risco alto e muito alto, a cidade apresenta 15% da sua população residindo em área de risco de inundação, valor significativo tendo em vista as diferentes vulnerabilidades diagnosticadas na área.

Avaliando os cenários temporais de risco de desastre por inundação, confirma-se a hipótese desta pesquisa de que os riscos são construídos, uma vez que a cidade apresentou aumento ocupacional nas margens do Rio doce, local definido como planície de inundação. A cheia do rio, um acontecimento natural, torna-se risco de desastre a partir do momento em que suas planícies são ocupadas. Outro fator que corrobora nossa hipótese é a permanência das áreas vulneráveis, pois para o intervalo de 18 anos algumas delas permaneceram vulneráveis e com um acréscimo significativo da vulnerabilidade nas áreas que aumentaram a exposição.

Considerando que o foco desta pesquisa foi inundação, é importante que realize estudos de outros tipos de risco de desastres, principalmente no que tange ao deslizamento, pois a cidade já apresentou ocorrências de deslizamentos e as áreas com maiores declividades apresentaram alta e muito alta vulnerabilidade social.

É válido dizer que Governador Valadares tem boa estrutura de gestão, com estudos urbanos atualizados, Defesa Civil com técnicos capacitados, plano diretor atualizado, plano de contingência, sistema de alerta de vazão do Rio Doce, o que contribui para reduzir os impactos decorrentes de uma inundação. Entretanto, é necessário que haja mais investimentos em atividades pré-desastre, objetivando preparar a população caso o risco se concretize. É importante ainda que as escolas façam projetos educacionais para que a comunidade tenha mais informações sobre os riscos e como se prevenir caso ocorra um evento adverso.

É importante dizer que no dia 26 de janeiro de 2020 ocorreu inundação em Governador Valadares, atingindo uma cota de inundação de 3,93 metros da régua da Saae, e conforme verificado no S2ID e no site do Saaee, mais de 50 mil pessoas foram atingidas, sendo que 15 mil ficaram desalojadas, 514 desabrigadas e 168 pessoas feridas. Entretanto, nesse ocorrido esta tese já estava concluída; logo, não foi possível acrescentar mais detalhes dessa inundação. Diante disso, uma das sugestões para os próximos estudos é focar no pós-

desastre, uma vez que cada pessoa tem uma percepção de risco e este não atinge de forma homogênea todos os moradores situados numa área de risco.

Ao acompanhar o noticiário sobre a inundação em Governador Valadares no dia 26 de janeiro de 2020, ficou nítida a importância da realização desse tipo de estudo metodológico, uma vez que esta pesquisa apresenta diversos mapeamentos que poderão auxiliar a Defesa Civil a atuar nas áreas que mais necessitam de atenção.

Sugere-se ainda que sejam feitos novos mapeamentos das manchas de inundação por período de retorno para a área urbana de Governador Valadares, uma vez que as informações utilizadas nesta pesquisa foram levantadas pela CPRM, ANA e Igam em 2004, ou seja, antes do rompimento da barragem de mineração da Samarco.

Por fim, não se pretende findar esse assunto tão presente nos dias atuais e que tem marcado a vida de muitas pessoas que residem em áreas urbanas, pois cada vez mais as cidades têm enfrentado sérios problemas relacionados a inundação. Mas aqui se iniciou uma ideia que poderá ser aprimorada por novos pesquisadores, com intuito de auxiliar na redução das áreas de risco e vulnerabilidades, uma vez que os cenários podem ser atualizados anualmente.

Assim, para planejar o futuro é preciso realizar uma análise temporal para conhecimento do território, e a utilização de cenários é uma importante ferramenta. Só é possível tomar uma decisão correta, reduzir as vulnerabilidades e as áreas de risco, melhorar a qualidade de vida das pessoas se existirem estudos para conhecimento da área; caso contrário, toda decisão e alteração a ser feita será fundamentada em achismo, que no futuro poderá ter sérias consequências.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Marcos Vinicius Sanches *et al.* Proposta metodológica para o cálculo e análise espacial do IDH intraurbano de Viçosa-MG. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 169-186, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-30982011000100009>.

ALCÂNTARA, Viviane da Silva de. **Vulnerabilidade socioambiental na macrorregião da Costa Verde**. 2012. Dissertação (Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisa Social) – Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2012.

ALMEIDA, Leandro da Silva. **Geoestatística aplicada à gestão ambiental da fertilidade e de fitonematoides na cafeicultura do cerrado**. 2016. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/18944/simple-search?filterquery=Almeida%2C+Leandro+da+Silva&filtername=author&filtertype>equals>. Acesso em: 9 fev. 2019.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Por que as cidades são vulneráveis? **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v. 13, n. 1, p. 70-82, 2011a. Disponível em: <http://www.uvanet.br/rcgs/index.php/RCGS/article/view/25>. Acesso em: 11 ago. 2017.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. Por uma ciência dos riscos e vulnerabilidades na geografia. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83-99, 2011b.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos**: bacia hidrográfica do Rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

AMARAL, F. C. S. *et al.* **Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do estado de Minas Gerais**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2004. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 63). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/89242/1/bpd63-2004-mapeamento-mg.pdf>. Acesso em: 2 out. 2018.

AMORIM, Maria Marta Amancio *et al.* Representações sociais do Rio Doce e suas enchentes em Governador Valadares/Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 49, p. 17-35, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v49i0.57707>.

ArcGIS Desktop10.1: sistema de informações geográficas. ESRI. 2009. Software. Licença do Laboratório de Geotecnologias, Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. [Governador Valadares, MG]. 2013. Disponível em: [http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/governador-valadares\\_mg#vulnerabilidade#renda](http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/governador-valadares_mg#vulnerabilidade#renda). Acesso em: 1º set. 2017.

BANKOFF, Greg. Vulnerability as a measure of change in society. **International Journal of Mass Emergencies and Disasters**, Colorado Springs, v. 21, n. 2, p. 5-30, 2003. Disponível em: <http://ijmed.org/articles/81/download/>. Acesso em: 16 nov. 2017.

BARBOSA, Cláudio C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento.** 1997. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1997.

BAZZAN, Thiago. **Mapeamento das áreas com risco de inundação do Rio dos Sinos no município de São Leopoldo, RS.** 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/36060>. Acesso em: 16 mar. 2018.

BECK, Ulrich. **Sociedade de risco:** rumo a uma outra modernidade. 2. ed. Tradução de Sebastião Nascimento. São Paulo: Editora 34, 2011.

BERTUCINI JUNIOR, Jair Jacomo; CENTENO, Jorge Antonio Silva. Registro de série de imagens Landsat usando correlação e análise de relação espacial. **Boletim de Ciências Geodésicas**, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 685-702, dez. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-21702016000400039>.

BEZERRA, Francisco Antônio. Análise fatorial. In: CORRAR, Luiz J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria. **Análise multivariada:** para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2009. p. 73-129.

BIRKMANN, Jörn. Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: conceptual frameworks and definitions. **UNU-Press**, [S. l.], v. 7, p. 7-54, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/c5d7/618e26e587f1c1a0f4afc4c8ff1926a1634f.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2017.

BITAR, Omar Y. (coord.). **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações-1:25.000:** nota técnica explicativa. São Paulo: IPT; Brasília, DF: CPRM, 2014.

BORTOLETTO, Katia Cristina. **Estudo das vulnerabilidades social e ambiental em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba-SP.** 2017. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2017.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 2012, p. 1. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 16 ago. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012, p. 1. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 1º nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Módulo de formação:** noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base. Brasília, DF, 2017. Disponível em:

<https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/publicacoes/paz/gestao-risco-livro-base.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Cadastro Geral de Empregados e Desempregados – CAGED**. [Perfil do município de Governador Valadares]. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/perfil-do-municipio>. Acesso em: 19 nov. 2019.

CÂMARA, Gilberto *et al.* **Análise espacial de áreas**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

CÂMARA, Gilberto *et al.* Análise espacial e geoprocessamento. In: FUKS, Suzana Druck *et al.* (ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. São José dos Campos: Inpe, 2002. p. 26. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.45/doc/cap1-intro.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2016.

CAMARGO, Eduardo Celso Gerbi; FUCKS, Suzana Druck; CÂMARA, Gilberto. Análise espacial de superfícies. In: FUCKS, Suzana Druck *et al.* (ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap5-areas.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

CAMARINHA, Pedro Ivo M. **Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

CAMPOS, Sofia Júlia A. M. *et al.* Mapeamento de áreas sujeitas a inundação para planejamento e gestão territorial: cartas de suscetibilidade, perigo e risco. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 67-81, 2015.

CARDONA, Omar. The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. In: BANKOFF, G.; FRERKS, G.; HILHORST, D. (ed.), **Mapping vulnerability**: disasters, development and people. Londres: Earthscan Publishers, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/2PAddAd>. Acesso em: 13 nov. 2018.

CARDOSO, Josenete; AQUINO, Claudia Maria Saboia. Mapeamento atual do uso e cobertura das terras da sub-bacia do Riacho do Roncador em Timon (MA) utilizando imagens do Google Earth. **Okara**, João Pessoa, v. 8, n. 2, p. 328-343, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/okara/article/view/19937/12266>. Acesso em: 18 dez. 2017.

CARVALHO, Celso Santos; MACEDO, Eduardo Soares de; OGURA, Agostinho Tadashi (org.). **Mapeamento de riscos em encostas e margem de rios**. Brasília, DF: Ministério das Cidades: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

CARVALHO, Délton Winter de; DAMACENA, Fernanda Dalla Libera. **Direito dos desastres**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2013.

CARVALHO, Grazielle. **Cenários futuros para cidades inteligentes**. Belo Horizonte: Edição do Autor, 2019.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de desastres**: desastres naturais. Brasília, DF: Imprensa Nacional, 2003.

CASTRO, Antônio Luiz Coimbra de. **Manual de planejamento em defesa civil**. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 1999. Disponível em: <http://www.defesacivil.mg.gov.br/images/documentos/Defesa%20Civil/manuais/Manual-PLANEJAMENTO-1.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

CASTRO, Cleber M.; PEIXOTO, Maria Náise O.; PIRES DO RIO, Gisela A. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário Estatístico de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 28-2, p. 11-30, 2005. Disponível em: [http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario\\_2005/Anuario\\_2005\\_11\\_30.pdf](http://www.anuario.igeo.ufrj.br/anuario_2005/Anuario_2005_11_30.pdf). Acesso em: 18 fev. 2020.

CEMADEN. **Inundação**. São José dos Campos, 2016. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/inundacao/>. Acesso em: 9 jan. 2020.

CEMADEN. **Riscos geo-hidrológicos**. [26/01/2020 e 27/01/2020 – Previsão de risco geo-hidrológico]. São José dos Campos, 2020. Disponível em: <https://www.cemaden.gov.br/categoria/riscos-geo-hidrologicos/>. Acesso em: 27 jan. 2020.

CEPED/UFRGS. **Capacitação em gestão de riscos**. 2. ed. Porto Alegre, 2016.

CEPED/UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais**: 1991 a 2010. Florianópolis, 2012b.

CEPED/UFSC. **Capacitação básica em Defesa Civil**. Florianópolis, 2012a.

CEPED/UFSC. **Planejamento nacional para gestão de riscos – PNCR**: construção de indicadores socioambientais de vulnerabilidade a risco de desastres. Florianópolis, 2011.

CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHUVA deixa bairros embaixo d'água em Governador Valadares. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 7 jan. 2012. Disponível em: [https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna\\_gerais,271164/chuva-deixa-bairros-embaixo-d-agua-em-governador-valadares.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2012/01/07/interna_gerais,271164/chuva-deixa-bairros-embaixo-d-agua-em-governador-valadares.shtml). Acesso em: 16 ago. 2019.

COLLISCHONN, Erika. Compreendendo e avaliando a construção do risco relacionado às inundações urbanas. In: MENDONÇA, Francisco. **Riscos climáticos**: vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. p. 51-74.

COORDENADORIA ESTADUAL DE PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL DE SÃO PAULO. **Redução de risco de desastres**: uma construção de resiliência local. São Paulo, 2016. 272 p. Disponível em: [http://www.sidec.sp.gov.br/defesacivil/media/OSDownloads/1490215312\\_Livro.pdf](http://www.sidec.sp.gov.br/defesacivil/media/OSDownloads/1490215312_Livro.pdf). Acesso em: 2 dez. 2020.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações – Minas Gerais**. [Governador Valadares]. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes---Minas-Gerais-5077.html>. Acesso em: 5 jul. 2017.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Definição da planície de inundaçao da cidade de Governador Valadares**, Belo Horizonte. Rio de Janeiro, 2004a. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php). Acesso em: 26 ago. 2018.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Manchas de inundação de Governador Valadares, 2004.** Rio de Janeiro, 2004b. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_manchas\\_inundacao.php](http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php). Acesso em: 5 nov. 2017.

CRESSIE, Noel; HAWKINS, Douglas M. Robust estimation of the variogram I. **Mathematical Geology**, Berlin, v. 12, n. 2, p. 115-125, 1980. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfOZDqFaTuKv.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2018.

CUTTER, Susan L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, n. 93, p. 59-69, 2011. DOI: 10.4000/rccs.165.

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social vulnerability to environmental hazards. **Social Science Quarterly**, Hoboken, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. Disponível em: <http://www.d.umn.edu/~pfarrell/Natural%20Hazards/Readings/Cutter.%20Socail%20Vulnerability.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

DAL'ASTA, Ana Paula *et al.* Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 7041-7047. Disponível em: <https://bit.ly/2uYeEBz>. Acesso em: 29 nov. 2015.

DAL'ASTA, Ana Paula; AMARAL, Silvana. **A vida como ela é no mundo das tabelas/setores** IBGE. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: [http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:aulas-2014:dalasta\\_compat\\_bases\\_censit\\_ana.pdf](http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser457-cst310:aulas-2014:dalasta_compat_bases_censit_ana.pdf). Acesso em: 3 abr. 2017.

DESCHAMPS, Marley V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba**. 2004. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DIAS, Gutemberg H. **Identificação da vulnerabilidade socioambiental na área urbana de Mossoró-RN, a partir do uso de técnicas de análises espaciais**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2013.

DUARTE, Luiz Ricardo; MARGARIDA, Caroline; NASCIMENTO, Cristiane. **Os CONSEGs e a redução de riscos**. Florianópolis: UFSC, 2008. Disponível em: [http://www.conseg.pr.gov.br/arquivos2/File/material\\_didatico/LivroCONSEGsReducaodeRiscos.pdf](http://www.conseg.pr.gov.br/arquivos2/File/material_didatico/LivroCONSEGsReducaodeRiscos.pdf). Acesso em: 2 dez. 2020.

DUTRA JÚNIOR, Nélio Paulo Sartini. **Vulnerabilidade socioambiental em Ituiutaba-MG**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2015.

EMBRAPA. **Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1979. Disponível em: [https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\\_i00006739\\_001.pdf](https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf). Acesso em: 29 mar. 2016.

EM-DAT. **The EM-DAT glossary**. Disponível em: <http://www.emdat.be/Glossary>. Acesso em: 6 jan. 2020.

EMRICH, Christopher T.; CUTTER, Susan L. Social Vulnerability to Climate-Sensitive Hazards in the Southern United States. **Weather, Climate, And Society**, Washington, DC, v. 3, n. 3, p. 193-208, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1175/2011wcas1092.1>.

ESPÍNDOLA, Haruf S. A história de uma formação socioeconômica urbana: Governador Valadares. **Varia História**, Belo Horizonte, v. 14, n. 19, p. 148-163, 1998. Disponível em: [https://static1.squarespace.com/static/561937b1e4b0ae8c3b97a702/t/5724a7fa22482e5c002898aa/1462020093175/7\\_Espindola%2C+Haruf+Salmen.pdf](https://static1.squarespace.com/static/561937b1e4b0ae8c3b97a702/t/5724a7fa22482e5c002898aa/1462020093175/7_Espindola%2C+Haruf+Salmen.pdf). Acesso em: 5 nov. 2019.

ESRI. **Métodos de classificação**. 2016. Disponível em: <https://doc.arcgis.com/pt-br/maps-for-office/4.0/design-and-use/classification-methods.htm>. Acesso em: 18 fev. 2019.

FÁVERO, Luís Paulo *et al.* **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERREIRA, C. J; ROSSINI-PENTEADO, D. Mapeamento de risco a escorregamento e inundações por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 11., 2011, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: ABGE, 2011. CD-ROM.

FIELD, Andy. **Descobrindo a estatística usando SPSS**. 2. ed. Tradução de Lorí Viali. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOTOS antigas e atuais de Governador Valadares. Governador Valadares, 2019. **Facebook**. Disponível em: <https://www.facebook.com/pages/category/Community/Fotos-antigas-e-atuais-de-Governador-Valadares-MG-324319641034891/>. Acesso em: 26 fev. 2020.

FOX, D. G. Judging air quality model performance. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 62, n 5, p. 599-609, 1981. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477%281981%29062%3C0599%3AJAQMP%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em: 23 set. 2019.

GS+: geostatistics for the environmental sciences. Plainwell: Gamma Design Software, Versão 7.0, 2004.

GENSER, Ebru A. Natural disasters, urban vulnerability, and risk management: a theoretical overview. In: GENSER, Ebru A. **The interplay between urban development, vulnerability, and risk management**: a case study of the Istanbul metropolitan Area. Berlim: Springer, 2013. p. 7-43. Disponível em: [https://pdfs.semanticscholar.org/917f/0e289b1d2f2db4f89479cdcc174e4c49fddb.pdf?\\_ga=2.88676754.84385161.1580589443-702973470.1580589443](https://pdfs.semanticscholar.org/917f/0e289b1d2f2db4f89479cdcc174e4c49fddb.pdf?_ga=2.88676754.84385161.1580589443-702973470.1580589443). Acesso em: 17 abr. 2017.

GOERL, Roberto Fabris; KOBIYAMA, Masato; PELLERIN, Joel Robert Georges Marcel. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundações: estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.13519>.

GOVERNADOR Valadares decreta estado de calamidade pública. **Último Segundo**, Minas Gerais, 6 jan. 2012. Disponível em: <https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/mg/governador-valadares-vai-decretar-estado-de-calamidade-publica/n1597528273541.html>. Acesso em: 16 ago. 2019.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **História da cidade.** 1º jan. 2015. Disponível em: <http://www.valadares.mg.gov.br/detalhe-da-materia/info/historia-da-cidade/12094>. Acesso em: 14 ago. 2019.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB:** Produto 2 – diagnóstico da prestação dos serviços de saneamento básico: caracterização geral do município. Governador Valadares, 2015a.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB.** Produto 2 – diagnóstico da prestação dos serviços de saneamento básico: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Governador Valadares, 2015b.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **Plano de contingência para inundações do Rio Doce no município de Governador Valadares.** Governador Valadares: Compdec, 2017.

GOVERNADOR VALADARES. Prefeitura Municipal de Governador Valadares. **Lei complementar 243, de 30 de abril de 2019.** Dispõe sobre uso e ocupação do solo do município de Governador Valadares. 2019. Disponível em: [http://www.valadares.mg.gov.br/abrir\\_arquivo.aspx/Lei\\_Complementar\\_243\\_2019?cdLocal=5&arquivo={C511A808-5B4A-4ACB-78B1-012DEE4DC170}.pdf](http://www.valadares.mg.gov.br/abrir_arquivo.aspx/Lei_Complementar_243_2019?cdLocal=5&arquivo={C511A808-5B4A-4ACB-78B1-012DEE4DC170}.pdf). Acesso em: 15 out. 2019.

GREGORIO, Leandro Torres di; SAITO, Silvia Midoro; SAUSEN, Tania Maria. Sensoriamento remoto para a gestão (de risco) de desastres naturais. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi. **Sensoriamento remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 43-67.

GUEDES, Gilvan Ramalho; GENOVEZ, Patrícia Falco; VILARINO, Maria Terezinha B. Eventos extremos numa perspectiva interdisciplinar, multi-escalar e multi-método: uma abordagem territorial. In: GUEDES, Gilvan Ramalho; OJIMA, Ricardo (org.). **Território, mobilidade populacional e Ambiente.** Governador Valadares: Univale, 2012. v. 1. p. 23-57. Disponível em: [https://gilvanguedes.com/wpcontent/uploads/2016/09/guedes\\_et.al\\_2012\\_livro\\_tmpa\\_cap2.pdf](https://gilvanguedes.com/wpcontent/uploads/2016/09/guedes_et.al_2012_livro_tmpa_cap2.pdf). Acesso em: 14 ago. 2019.

GUIMARÃES, Cristiana Maria de Oliveira. **Novos valores, velhas questões:** o planejamento urbano em Governador Valadares. 2009. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-96NJGZ>. Acesso em: 1º maio 2019.

GUIMARÃES, Ednaldo Carvalho. **Geoestatística básica e aplicada.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2004. v. 1. (Apostila).

GUIMARAES, Raquel Rangel de Meireles. Uncertainty in population projections: the state of the art. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 277-290, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982014000200003>.

GUIMARÃES, Raquel Rangel M. Incertezas nas projeções populacionais: o estado da arte. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 277-290, 2014. Disponível em: <https://rebep.org.br/revista/article/view/668>. Acesso em: 22 out. 2019.

HAIR, Joseph F. *et al.* **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Tradução de Adonai Schlup Sant' Anna. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HALLAK, Ricardo; PEREIRA FILHO, Augusto José. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 4, p. 591-608, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862011000400009>.

HARDY, R. Dean; HAUER, Mathew E. Social vulnerability projections improve sea-level rise risk assessments. **Applied Geography**, Athens, v. 91, n. 1, p. 10-20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.12.019>.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de água para consumo humano**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2010.

HOFFMANN, Tereza Cristina Polato; MENDONÇA, Francisco; GOUDARD, Gabriela. Eventos climáticos extremos: inundação e gestão de riscos no Paraná. In. MENDONÇA, Francisco (org.). **Riscos climáticos**: vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco Editorial, 2014. p. 223-260.

HORA, Silmara Borges da. **Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA**. 2009. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2009. Disponível em: <http://www.biblioteca.uesc.br/biblioteca/bdtd/200760102d.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2018.

HORA, Silmara Borges da; GOMES, Ronaldo L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 57-75, 2009. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321327195005>. Acesso em: 5 jan. 2018.

HUMMELL, Beatriz Maria de Loyola. Driving factors of social vulnerability to natural hazards in Brazil and why they matter to disaster management. In: MARCHEZINI, Victor; LONDE, Luciana; WISNER, Ben; SAITO, Silvia (org.). **Reduction of vulnerability to disasters**: from knowledge to action. São Carlos: Rima, 2017. p. 445-459. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320957153>. Acesso em: 11 out. 2018.

HUMMELL, Beatriz Maria de Loyola; CUTTER, Susan L.; EMRICH, Christopher T. Social vulnerability to natural hazards in Brazil. **International Journal of Disaster Risk Science**, New York, v. 7, n. 2, p. 111-122, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9>.

IBGE. [Banco de dados Sidra: censo demográfico: séries temporais]. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/202#resultado>. Acesso em: 10 ago. 2019.

IBGE. **Áreas urbanizadas do Brasil – 2005**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/9713-ibge-disponibiliza-conjunto-de-mapas-das-areas-urbanizadas-do-brasil-2005>. Acesso em: 18 mar. 2019.

IBGE. **Bases cartográficas**: malhas digitais. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>. Acesso em: 22 set. 2017.

IBGE. **Censo demográfico de Governador Valadares de 2000**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2000/Dados\\_do\\_Universo/Agregado\\_por\\_Setores\\_Censitarios/Agregado\\_de\\_setores\\_2000\\_MG.zip](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2000/Dados_do_Universo/Agregado_por_Setores_Censitarios/Agregado_de_setores_2000_MG.zip). Acesso em: 30 out. 2017.

IBGE. **Censo demográfico de Governador Valadares de 2010**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/educacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=10410&t=resultados>. Acesso em: 30 out. 2017.

IBGE. **Cidades [Governador Valadares]**. 2017. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=312770&search=minas-gerais|governador-valadares>. Acesso em: 19 ago. 2017.

IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101609.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2018.

IBGE. **Rendimento de todas as fontes**: 2018. Rio de Janeiro: IBGE, 2018b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101673>. Acesso em: 17 nov. 2019.

IBM Corp. Released 2011. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IELO, Estêvão Moraes. **Estudo de vulnerabilidade a inundação no município de Ourinhos (SP)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/134257>. Acesso em: 1º nov. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Atlas de Vulnerabilidade social nos municípios brasileiros, 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://ivs.ipea.gov.br/index.php/pt/mapa>. Acesso em: 20 nov. 2019.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2002, Ouro Preto. **Anais** [...]. Belo Horizonte: Abep, 2002. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/1179/1143>. Acesso em: 5 dez. 2018.

JAKOB, Alberto Augusto Eichman; YOUNG, Andrea Ferraz. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., 2006, Caxambu. **Anais** [...]. Belo Horizonte: Abep, 2006. v. 1, p. 1-22. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/1530/1494>. Acesso em: 5 dez. 2018.

JANNUZZI, Paulo de Martino. Cenários futuros e projeções populacionais para pequenas áreas: método e aplicação para distritos paulistanos 2000-2010. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 109-137, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982007000100008](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982007000100008). Acesso em: 5 jan. 2019.

JULIÃO, Rui P. *et al.* **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para criação de sistemas de informação geográfica (SIG) de base municipal.** Carnaxide: Autoridade Nacional de Protecção Civil, 2009. Disponível em: [http://www.prociv.pt/bk/Documents/guia\\_metodologico\\_SIG.pdf](http://www.prociv.pt/bk/Documents/guia_metodologico_SIG.pdf). Acesso em: 29 out. 2018.

KELMAN, Ilan. Climate change and the sendai framework for disaster risk reduction. **International Journal of Disaster Risk Science**, New York, v. 6, n. 2, p. 117-127, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-015-0046-5>.

KOBIYAMA, Masato. *et al.* **Prevenção de desastres naturais:** conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006. Disponível em: <http://logatti.edu.br/images/prevenciaodesastres.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.

LANDIM, Paulo M. Barbosa. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas.** Rio Claro: Unesp, 2000. Disponível em: <https://www.sorocaba.unesp.br/Home/Graduacao/EngenhariaAmbiental/robertowlourenco/dicas-surfer-01.pdf1>. Acesso em: 15 jan. 2019.

LANDIM, Paulo M. Barbosa. Sobre geoestatística e mapas. **Terra e Didática**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 19-33, 2006. Disponível em: [https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2/pdf-v2/t\\_didatica\\_2006\\_v02n01\\_p019-033\\_landim.pdf](https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v2/pdf-v2/t_didatica_2006_v02n01_p019-033_landim.pdf). Acesso em: 6 jan. 2019.

LAROS, Jacob Arie. O uso da análise fatorial: algumas diretrizes para pesquisadores – 2012. In: PASQUALI, L. (ed.). **Análise fatorial para pesquisadores**. Brasília, DF: LabPAM. p. 141-160. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/233735561>. Acesso em: 3 jan. 2019.

LOBATO, Scheilla. Lamento de um rio.... **Fato**, Cachoeira do Itapemirim, 28 jan. 2020. Disponível em: <https://jornalfato.com.br/artigos/lamento-de-um-rio...,347912.jhtml>. Acesso em: 30 jan. 2020.

LOMBARDO, Magda Adelaide; FREITAS, Maria Isabel Castreghini de (org.). **Riscos e vulnerabilidades:** teoria e prática no contexto luso-brasileiro. São Paulo: Unesp, 2013. Disponível em: <http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/109268/ISBN9788579834363.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 5 jun. 2014.

LOPES, Edésio Elias. **Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Google Earth para a produção de mapas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92563/276060.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2017.

LUCAS, Taíza Pinho Barroso *et al.* Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 13, p. 7-21, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.31259>.

MACEDO, Yuri Marques *et al.* Vulnerabilidade socioambiental em escala de detalhe: o caso de Mãe Luiza, Natal, RN, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. 2, p. 145-157, 2015. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/419>. Acesso em: 3 fev. 2019.

MAFFRA, Cristina Q. T.; MAZZOLA, Marcelo. As razões dos desastres em território brasileiro. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p. 9-13.

MALAGODI, Camila Capassi; PELOGGIA, Alex Ubiratan Goossens. Vulnerabilidade e risco em um assentamento urbano na planície de inundação do Rio Tietê no município de São Paulo (SP). **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 47-60, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929x.20150007>.

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel J. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 33-43, 2006. Disponível em: [http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01\\_03.pdf](http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_03.pdf). Acesso em: 25 jan. 2018.

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel J. Natural *hazards*: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 95-110, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000200006>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 161-181, 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-30982009000200002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-30982009000200002). Acesso em: 18 fev. 2020.

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel J. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 29-53, 2005. Disponível em: <https://rebep.org.br/revista/article/view/253>. Acesso em: 25 jan. 2018.

MARCELINO, Emerson V. **Desastres naturais e geotecnologias**: conceitos básicos. Santa Maria: Inpe, 2008. (Caderno Didático nº 1).

MARCELINO, Emerson V.; NUNES, Lucí Hidalgo; KOBIYAMA, Masato. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos de Geografia**, Cidade, v. 8, n. 17, p. 72-84, 2006. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/15273/8574>. Acesso em: 19 fev. 2020.

MARCHEZINI, Victor. Dos desastres da natureza à natureza dos desastres. In: VALENCIO, Norma; MARCHEZINI, Victor; GONÇALVES, Juliano C. (org.). **Sociologia dos desastres**: construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: Rima, 2009. p. 48-57. Disponível em: [http://www.crpssp.org.br/portal/comunicacao/diversos/mini\\_cd\\_oficinas/pdfs/Livro-Sociologia-Dos-Desastres.pdf](http://www.crpssp.org.br/portal/comunicacao/diversos/mini_cd_oficinas/pdfs/Livro-Sociologia-Dos-Desastres.pdf). Acesso em: 20 mar. 2019.

MARCUZZO, Francisco; ANDRADE, Lucas; MELO, Denise. Métodos de interpolação matemática no mapeamento de chuvas do estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 4, p. 793-804, 2012. DOI: [doi:https://doi.org/10.26848/rbgf.v4.4.p793-804](https://doi.org/10.26848/rbgf.v4.4.p793-804).

MARENGO, José Antônio. **Mudanças climáticas globais e efeitos sobre a biodiversidade**: caracterização do clima no século XX e cenários climáticos no Brasil e na América do Sul para o século XXI derivados dos modelos globais de clima – IPCC. São Paulo: CPTEC: Inpe, 2007.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H. S. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS\\_MudancasClimaticas.pdf](http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf). Acesso em: 7 jan. 2018.

MAZOTO, Maíra Lopes. **Índice de vulnerabilidade social para a análise da ocorrência de inundações no estado do Rio de Janeiro: 2000 a 2013**. 2015. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Instituto de Estudos em Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.posgraduacao.iesc.ufrj.br/media/tese/1457027155.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2019.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, Carlos Augusto França. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajaí, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009. Disponível em: <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/bjast/article/view/1336>. Acesso em: 3 fev. 2019.

MEDEIROS, Marysol Dantas de. **Eventos hidroclimáticos extremos e vulnerabilidade socioambiental a inundações no Baixo-Açu – RN**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

MEIRELLES, Margareth Simões Penello; MOREIRA, Fábio Roque; CÂMARA, Gilberto. Técnicas de inferência espacial. In: MEIRELLES, Margareth Simões Penello; CÂMARA, Gilberto; ALMEIDA, Cláudia Maria (org.). **Geomática: modelos e aplicações ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2007. p. 107-189.

MENDES, José Manuel. **Sociologia do risco**: uma introdução e algumas lições. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.14195/978-989-26-1066-5>.

MIGUEZ, Marcelo Gomes; GREGORIO, Leandro Torres di; VERÓL, Aline Pires. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem prática. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MIRANDA, I. J. **Fundamentos de sistemas de informações geográficas**. Brasília, DF: Embrapa, 2005.

MOMO, Marcos Rodrigo. **Avaliação da aplicação do modelo Hand no mapeamento de áreas suscetíveis a inundações no município de Blumenau**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2014. Disponível em: [http://www.bc.furb.br/docs/DS/2014/358574\\_1\\_1.pdf](http://www.bc.furb.br/docs/DS/2014/358574_1_1.pdf). Acesso em: 4 jan. 2019.

MORATO, Rúbia Gomes; KAWAKUBO, Fernando Shinji; MACHADO, Reinaldo Paul Pérez. Mapa dasimétrico de densidade demográfica da área urbana do município de Alfenas (MG). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA, 2., 2010, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: FFLCH/USP, 2010. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/224860796\\_Mapas\\_dasimetrico\\_de\\_densidade\\_demografica\\_da\\_Area\\_urbana\\_do\\_municipio\\_de\\_Alfenas\\_MG](https://www.researchgate.net/publication/224860796_Mapas_dasimetrico_de_densidade_demografica_da_Area_urbana_do_municipio_de_Alfenas_MG). Acesso em: 4 abr. 2019.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão do planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Edição da Autora, 2005.

NASCIMENTO, José A. Sena do, **Vulnerabilidade a eventos climáticos extremos na Amazônia ocidental**: uma visão integrada na bacia do Rio Acre. 2011 Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

NDAH, Anthony Banyouko; ODIHI, John Onu. A systematic study of disaster risk in Brunei Darussalam and options for vulnerability-based disaster risk reduction. **International Journal Of Disaster Risk Science**, New York, v. 8, n. 2, p. 208-223, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-017-0125-x>.

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S. Height above the nearest drainage, a hydrologically relevant new terrain model, **Journal Hydrology**. 404, p. 13-29, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.051>. Acesso em: 11 dez. 2018.

NUNES, Lucí Hidalgo. **Urbanização e desastres naturais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

OJEDA, A. **Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico um planteamiento didáctico**. Lurrealde: Universidad del País Vasco, 1997. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=300981>. Acesso em: 31 out. 2019.

ONU. **Living with risk**: global review of disaster reduction initiatives. Genebra: ONU, 2004. Disponível em: [https://www.preventionweb.net/files/657\\_lwr21.pdf](https://www.preventionweb.net/files/657_lwr21.pdf). Acesso em: 22 ago. 2017.

ONU. **Terminology on disaster risk reduction**. Genebra: ONU, 2009. Disponível em: [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologyEnglish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf). Acesso em: 22 ago. 2017.

PARIZZI, M. G. Desastres naturais e induzidos e o risco urbano. **Genomos**, Belo Horizonte, v. 26, n. 2, p. 1-9, 2014. Disponível em: [www.igc.ufmg.br/geonomos](http://www.igc.ufmg.br/geonomos). Acesso em: 22 ago. 2017.

PINHEIRO, Adilson. Enchente e inundação. In: SANTOS, Rozely Ferreira dos (org.). **Vulnerabilidade ambiental**: desastres naturais ou fenômenos induzidos? Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. p. 95-106.

PRINA, Bruno Zucuni *et al.* Análise ambiental urbana com o uso de imagens Google Earth. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: Inpe, 2011. p. 3805-3811. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.01.18.17/doc/p1526.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2017.

QUANTUM GIS. **User Guide**. Version 2.8.1 e 2.14.6. Disponível em: <http://www.qgis.org/en/site/>. Acesso em: 11 dez. 2017.

R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REBELO, Fernando. **Geografia física e riscos naturais**. Coimbra: Universidade de Coimbra, 2010. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=cft7JTqQX\\_YC&pg=PA19&source=gbts\\_toc\\_r&cad=2#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=cft7JTqQX_YC&pg=PA19&source=gbts_toc_r&cad=2#v=onepage&q&f=false). Acesso em: 12 jan. 2020.

REZENDE, Patrícia Soares. **Metodologia para avaliação da vulnerabilidade socioambiental:** estudo da cidade de Paracatu (MG). 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

RIBEIRO, Suzana Kahn; SANTOS, Andrea Souza (ed.). **Mudanças climáticas e cidades:** relatório especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Rio de Janeiro: PBMC, 2016. Disponível em: [http://www.pbmccoppe.ufrj.br/documentos/Relatorio UM\\_v10-2017-1.pdf](http://www.pbmccoppe.ufrj.br/documentos/Relatorio UM_v10-2017-1.pdf). Acesso em: 10 jul. 2017.

RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. GeoR: a package for geostatistical analysis. **R-News**, v. 1, p. 15-18, jun. 2001.;

RIGHI, Eléia. **Metodologia para zoneamento de risco a inundações graduais.** 2016. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/142445>. Acesso em: 15 dez. 2018.

RIGHI, Eléia; ROBAINA, Luís Eduardo de Souza. Risco a inundação no médio curso do rio Uruguai: estudo de caso no município de São Borja-RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, DF, v. 13, n. 3, p. 279-286, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v13i3.198>. Acesso em: 19 fev. 2020.

RODRIGUES, Adriano; PAULO, Edilson. Introdução à análise multivariada. In: CORRAR, Luiz J.; PAULO, Edilson; DIAS FILHO, José Maria (org.). **Análise multivariada:** para os cursos de administração, ciências contábeis e economia. São Paulo: Atlas, 2009.

RODRÍGUEZ VIGNOLI, Jorge. **Vulnerabilidad demográfica:** una faceta de las desventajas sociales. Santiago do Chile: Nações Unidas, 2000.

ROSA, Giuliano Martins; CUNHA, Daniela Martins. **Impactos das enchentes no bairro São Pedro em Governador Valadares – MG.** Governador Valadares, [201-]. Disponível em: [http://www3.ifmg.edu.br/site\\_campi/v/images/arquivos\\_governador\\_valadares/TCCGiulianoMartins.pdf](http://www3.ifmg.edu.br/site_campi/v/images/arquivos_governador_valadares/TCCGiulianoMartins.pdf). Acesso em: 18 nov. 2019.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto.** 7. ed. Uberlândia: Edufu, 2009.

SAAE. **Nível do Rio Doce e alerta contra enchentes de Governador Valadares.** Disponível em: <http://www.saaegoval.com.br/>. Acesso em: 26 jan. 2020.

SAITO, Silvia Midori; SORIANO, Érico; LONDE, Luciana de Resende. Desastres naturais. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, Maria Silvia Pardi (org.). **Sensoriamento remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 23-42.

SANTOS JÚNIOR, Valdevino José dos; SANTOS, Carolina Oliveira. A evolução da urbanização e os processos de produção de inundações urbanas. **Estação Científica**, Macapá, v. 3, n. 1, p. 19-30, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br/index.php/estacao/article/view/734>. Acesso em: 4 ago. 2018.

SANTOS, Reinaldo Onofre dos; BARBIERI, Alisson Flávio. Population projections for small areas: a comparative assessment of mathematical extrapolation techniques. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 139-163, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982015000000008>.

SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi. **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SAUSEN, Tania Maria; NARVAES, I. S. Sensoriamento remoto para inundação e enxurrada. In: SAUSEN, Tania Maria; LACRUZ, María Silvia Pardi (ed.). **Sensoriamento remoto para desastres**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 119-147.

SCHNEIDER, Michelli de Oliveira. **Índice de vulnerabilidade como método de análise de risco a inundação da bacia hidrográfica do Arroio Feijó, RS**. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/169472>. Acesso em: 3 out. 2019.

SILVA, Ana Paula da; MORATO, Rubia Gomes; KAWAKUBO, Fernando Shinji. Mapeamento da distribuição espacial da população utilizando o método dasimétrico: exemplo de caso no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n. 1, p. 37-48, 2013. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v06.1.p037-048>.

SILVEIRA, Lyneker Pereira da; KAWAKUBO, Fernando Shinji. Mapa dasimétrico da densidade demográfica de Poços de Caldas (MG) utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais** [...]. Foz do Iguaçu: Inpe, 2013. p. 999-1005. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.32.37>. Acesso em: 4 abr. 2019.

**SISTEMA DE ALERTA DE EVENTOS CRÍTICOS. Monitoramento da Bacia do Rio Doce.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/sace/index\\_bacias\\_monitoradas.php#](http://www.cprm.gov.br/sace/index_bacias_monitoradas.php#). Acesso em: 27 jan. 2020.

**SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES-S2ID.** Sistema Nacional de Defesa Civil-Sindec. [Avaliação de danos (Avadan) de Governador Valadares, de 4 de março 2005]. 2005. Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: 16 jun. 2017.

**SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES SOBRE DESASTRES-S2ID.** Sistema Nacional de Defesa Civil-Sindec. [Avaliação de danos (AVADAN) de Governador Valadares, de 5 de janeiro de 2012]. 2019. Disponível em: <https://s2id-search.labtrans.ufsc.br/>. Acesso em: 26 fev. 2019.

**SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Dados de saneamento de Governador Valadares-MG.** [S. l.], 2019. Disponível em: <http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 15 nov. 2019.

SMITH, Anthony Oliver *et al.* **Forensic Investigations of Disasters (Forin): a conceptual framework and guide to research.** Beijing: IRDR, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/291349173\\_Forensic\\_Investigations\\_of\\_Disasters\\_FORIN\\_a\\_conceptual\\_framework\\_and\\_guide\\_to\\_research](https://www.researchgate.net/publication/291349173_Forensic_Investigations_of_Disasters_FORIN_a_conceptual_framework_and_guide_to_research). Acesso em: 22 set. 2017.

SPECKHANN, Gustavo Andrei. **Uma proposta de mapeamento de risco de inundação na bacia do rio Itajaí-Açu utilizando descritores de terreno.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

STOTO, Michael. The accuracy of population projections. **Journal of the American Statistical Association**, Abingdon, v. 78, p. 13-20, 1983. Disponível em: <http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/2161/1/RR-84-17.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2019.

TOMINAGA, Lídia Keiko *et al.* Cartas de perigo a escorregamentos e de risco a pessoas e bens do Litoral Norte de São Paulo: conceitos e técnicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5., 2004, São Carlos. **Anais** [...]. São Carlos. Disponível em: [http://lcb.fflch.usp.br/sites/lcb.fflch.usp.br/files/upload/paginas/Tominaga\\_et\\_al\\_2004\\_Mapa\\_de\\_Perigo\\_Escorregamento.pdf](http://lcb.fflch.usp.br/sites/lcb.fflch.usp.br/files/upload/paginas/Tominaga_et_al_2004_Mapa_de_Perigo_Escorregamento.pdf). Acesso em: 5 fev. 2019.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/publicacoes/2016/12/DesastresNaturais.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TRAJBER, Rachel; OLIVATO, Débora; MARCHEZINE, Victor. **Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação**. [S. l.]: [s.n.], [200-]. Disponível em: [http://educacao.cemaden.gov.br/medialibrary\\_publication\\_attachment?key=EDtGLgxTQiYlb8yFZUCUND1dSaw=](http://educacao.cemaden.gov.br/medialibrary_publication_attachment?key=EDtGLgxTQiYlb8yFZUCUND1dSaw=). Acesso em: 11 set. 2017.

TRICART, J. Dangers et risques naturels et technologiques. **Annales de Géographie**, [S. l.], v. 101, n. 565, p. 257-288, 1992. DOI: <https://doi.org/10.3406/geo.1992.21089>.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: USP, 2006.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli (org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2002.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 61-68, 2000. Disponível em: [https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=661&ST=coeficiente\\_de\\_escoamento\\_e\\_vazao\\_maxima\\_de\\_bacias\\_urbanas](https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=46&SUMARIO=661&ST=coeficiente_de_escoamento_e_vazao_maxima_de_bacias_urbanas). Acesso em: 7 out. 2018.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli; BERTONI, J. C. (org.). **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: ABRH, 2003. Disponível em: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23335/InBr02803.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

VARNES, David J. **Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, natural hazards**. Paris: Unesco, 1984. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000063038>. Acesso em: 23 ago. 2017.

VEYRET, Yvette (org.). **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2013.

VIEIRA, S. R. *et al.* Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 31, n. 3, p. 1-75, 1983. Disponível em: <http://hilgardia.ucanr.edu/fileaccess.cfm?article=152848&p=NSZLCD>. Acesso em: 5 jun. 2018.

WALDVOGEL, B.; CAPASSI, R. Projeção populacional como instrumento de planejamento regional: o caso do estado de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS

POPULACIONAIS, 10., 1998, Caxambu. **Anais** [...]. Caxambu: Abep, 1998. v. 1. p. 2753-2765. Disponível em: <http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/view/948/913>. Acesso em: 2 out. 2019.

WISNER, Ben *et al.* **At risk**: natural hazards, people's vulnerability and disasters. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2003. Disponível em: [http://www.preventionweb.net/files/670\\_72351.pdf](http://www.preventionweb.net/files/670_72351.pdf). Acesso em: 19 fev. 2020.

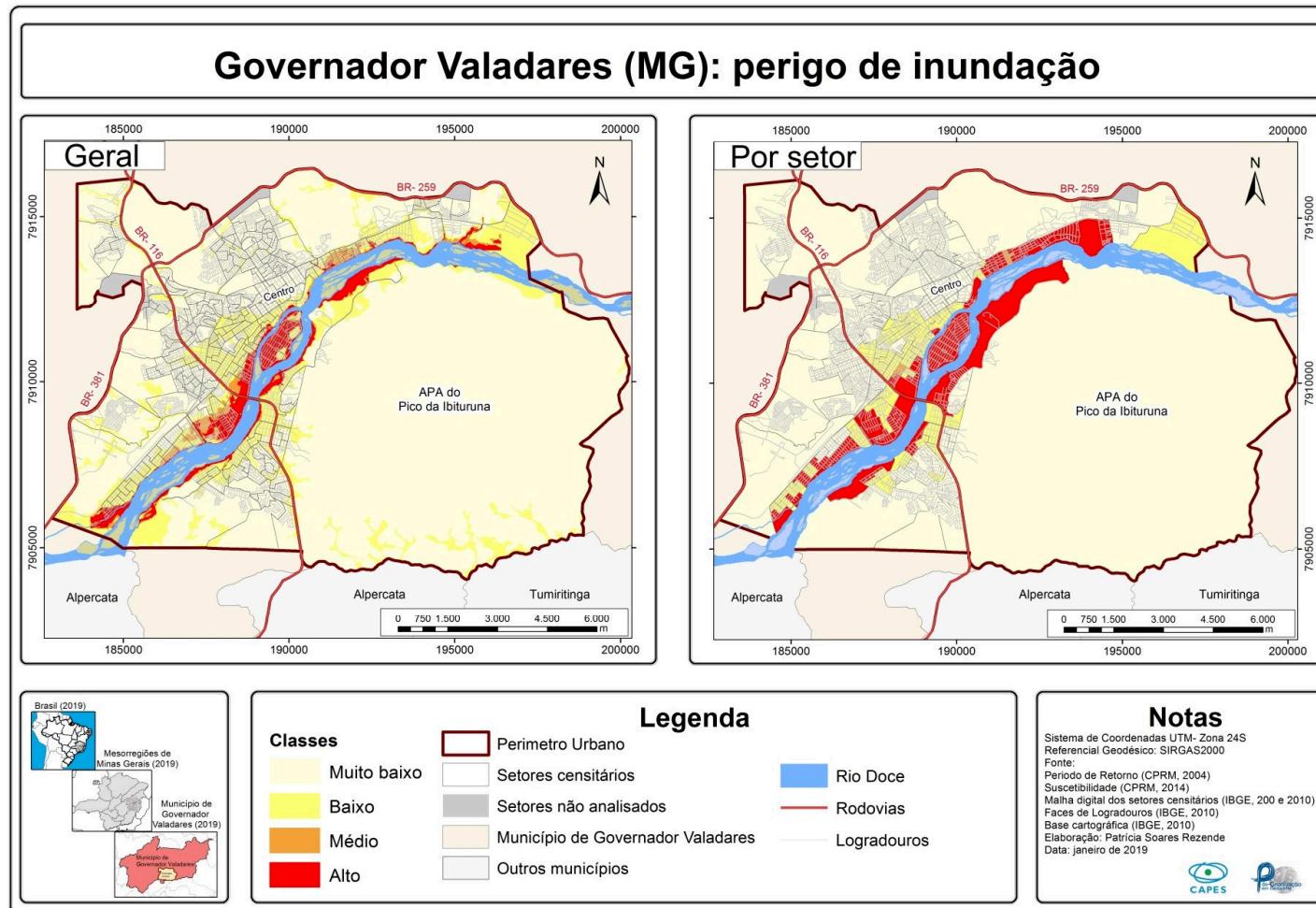
WRIGHT, James Terence C.; SPERS, Renata Giovinazzo. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 20, n. 56, p. 13-28, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142006000100003>.

YAMAMOTO, Jorge Kazuo; LANDIM, Paulo M. Barbosa. **Geoestatística**: conceitos e aplicações. São Paulo: Oficina Textos, 2013.

ZANELLA, Maria Elisa; OLÍMPIO, João Luis Sampaio. Impactos pluviais, risco e vulnerabilidade em Fortaleza-CE. In: MENDONÇA, Francisco (org.). **Riscos climáticos**: vulnerabilidades e resiliência associados. Jundiaí: Paco, 2014. p. 115-136.

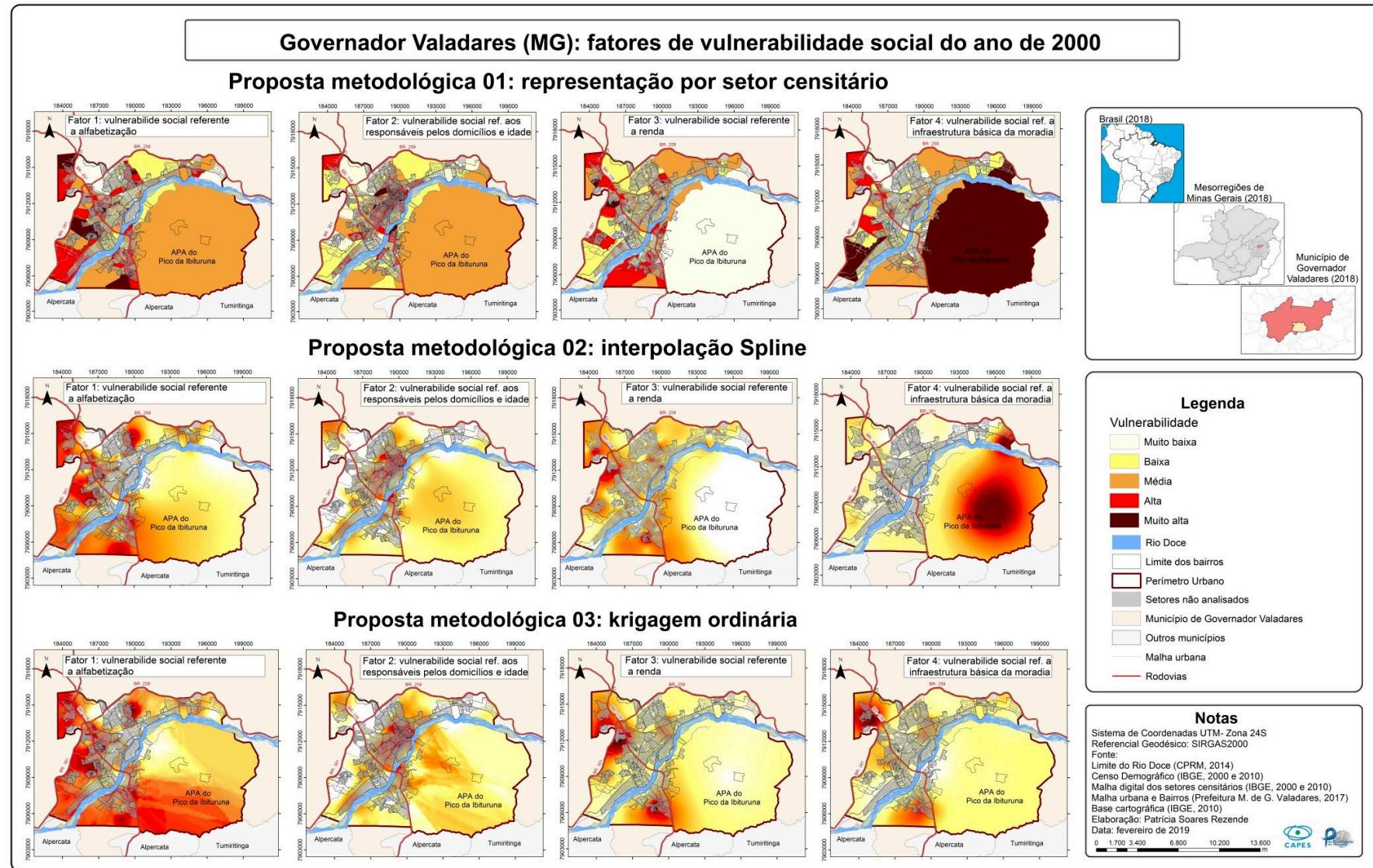
## APÊNDICE A – Mapas para as diferentes propostas metodológicas

### Mapa final de perigo de inundaçāo “representaçāo geral e por setor censitário”



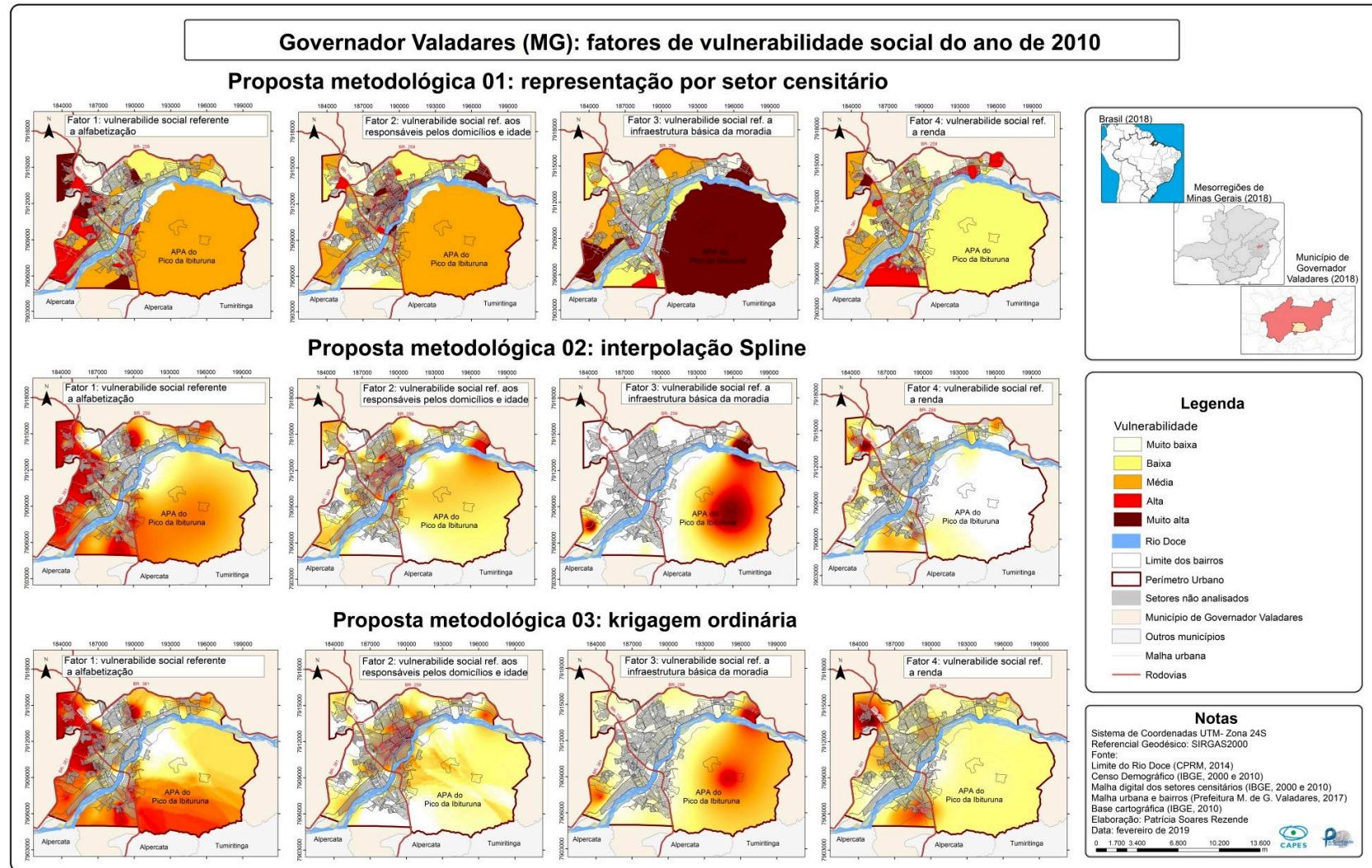
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## Mapa dos fatores de vulnerabilidade social para as três propostas metodológicas, 2000



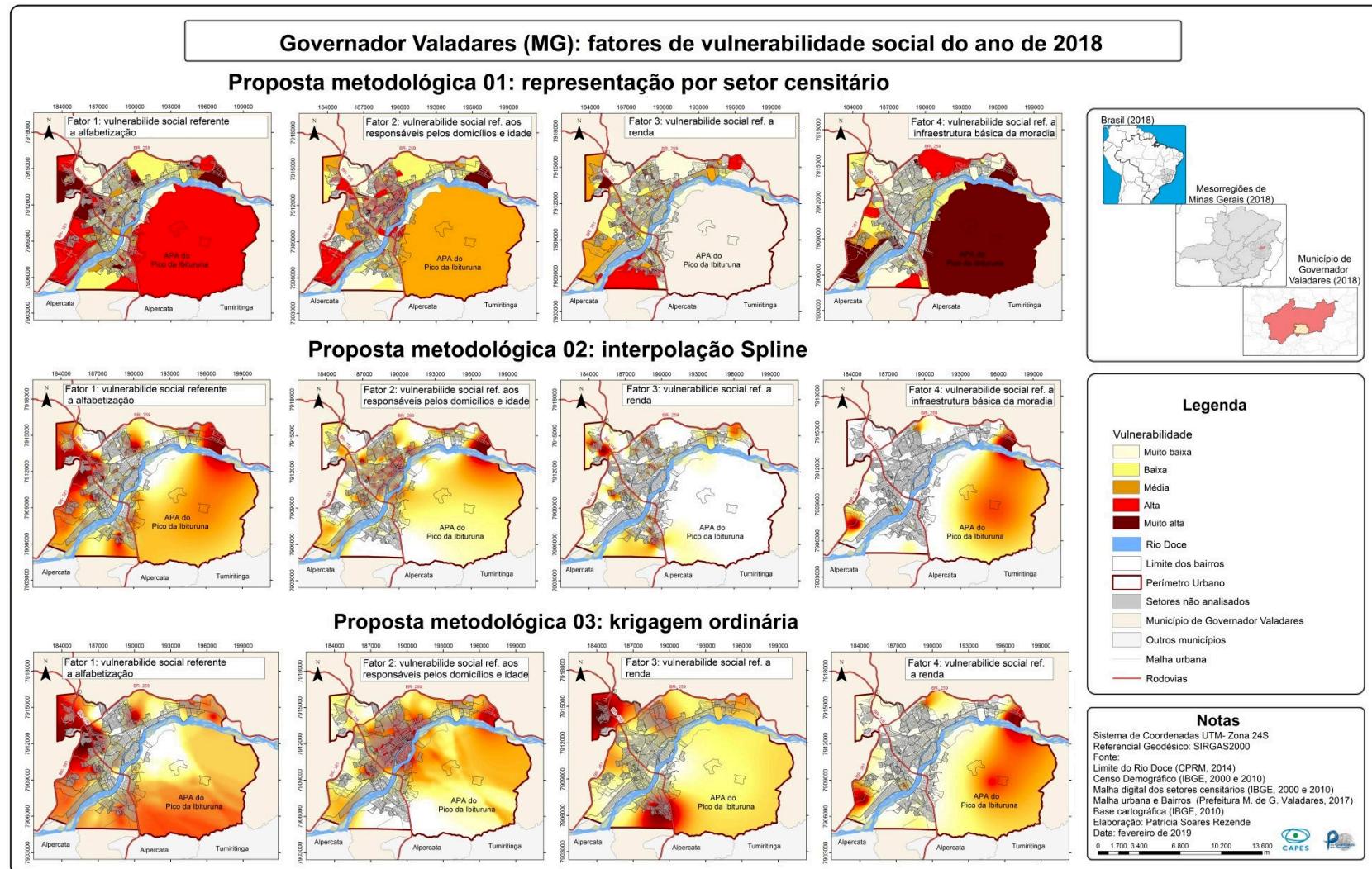
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## Mapa dos fatores de vulnerabilidade social para as três propostas metodológicas, 2010



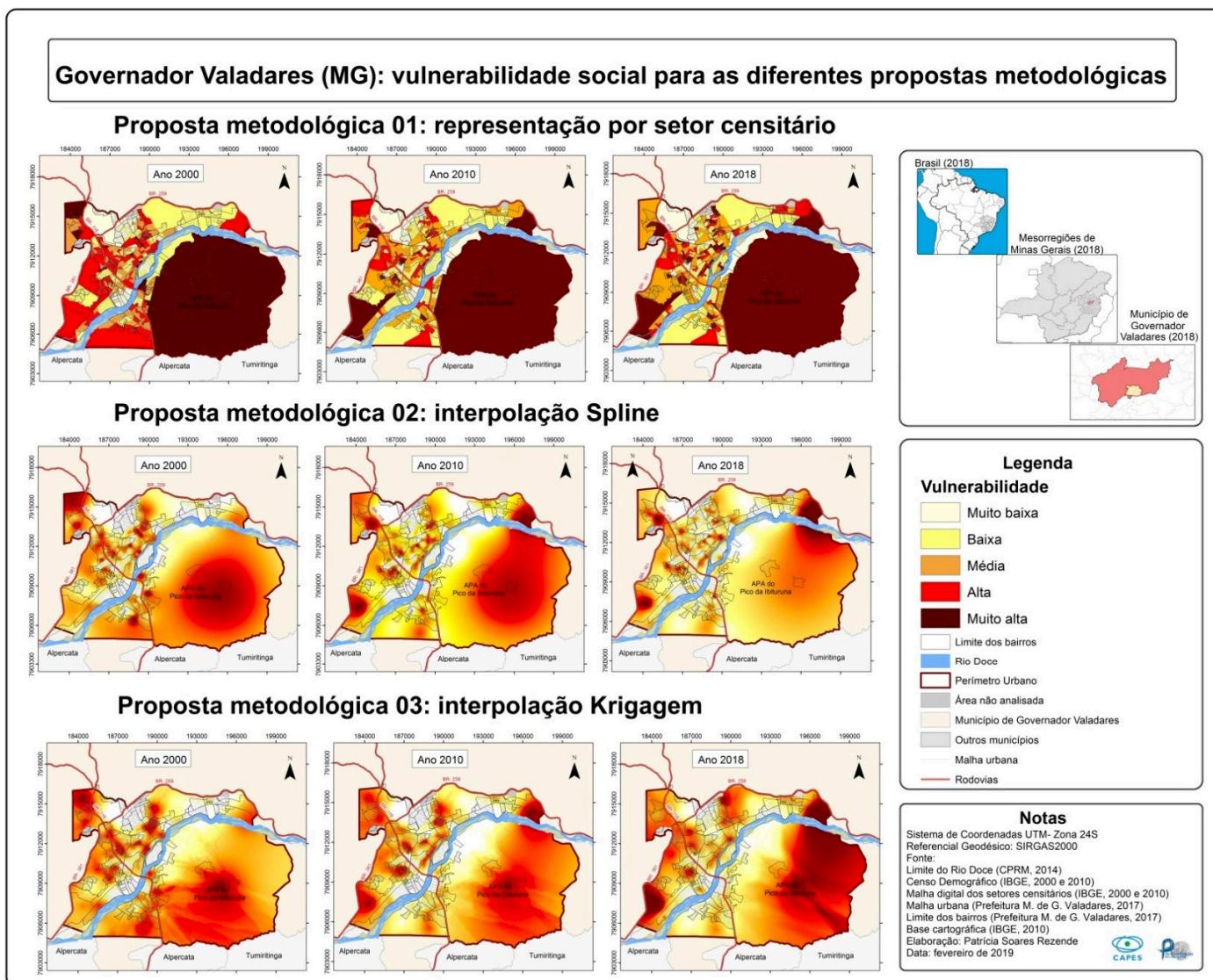
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## Mapa dos fatores de vulnerabilidade social para as três propostas metodológicas, 2018



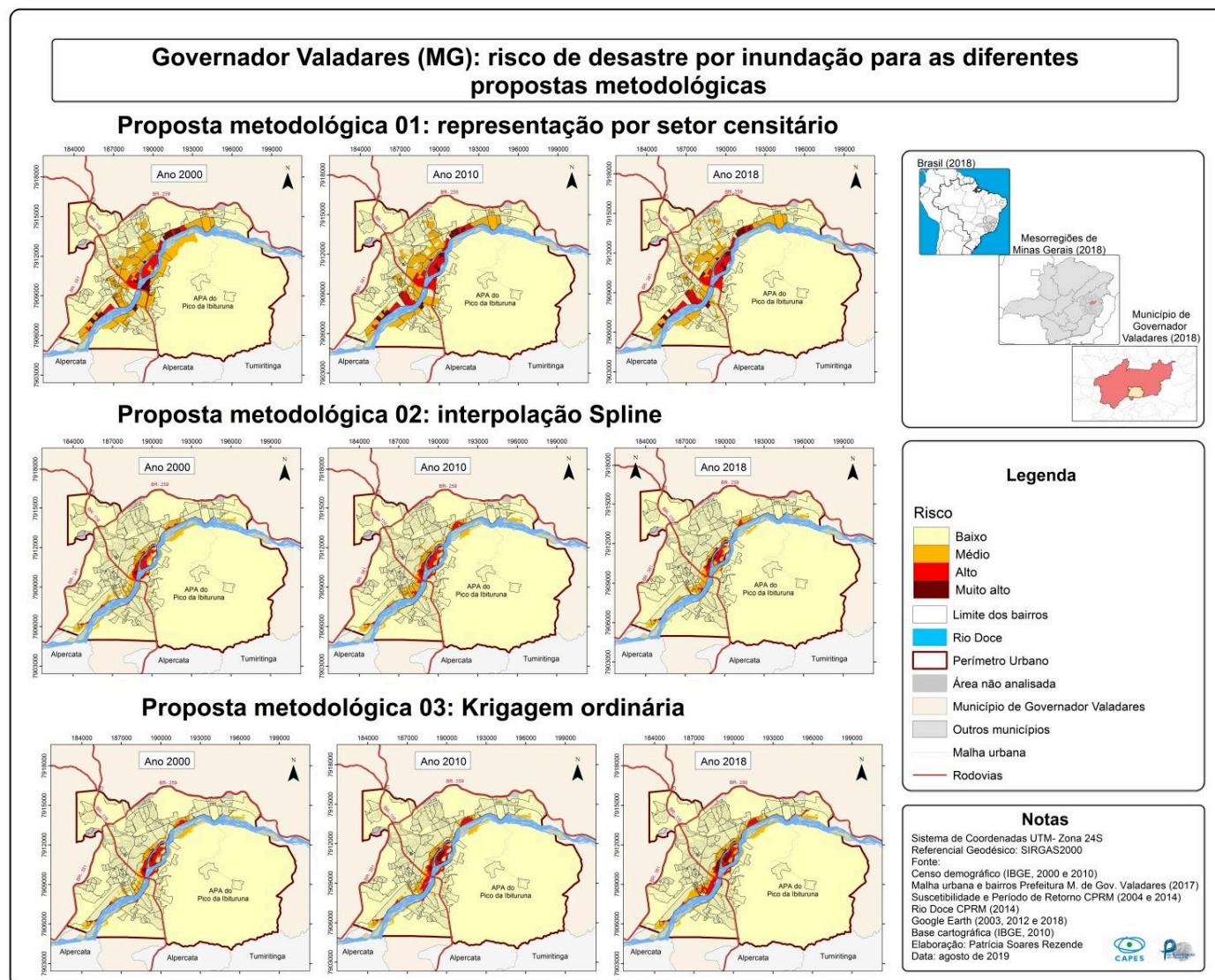
Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## Mapa de vulnerabilidade social para as três propostas metodológicas, 2000, 2010 e 2018



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## Mapa de risco de desastres por inundações para as diferentes propostas metodológicas, 2000, 2010 e 2018



Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).

## APÊNDICE B – Respondendo as indagações desta pesquisa

Questionamentos na pesquisa	Resposta encontrada na pesquisa
Será que novas áreas de risco estão sendo criadas?	Sim, pois conforme abordado no item 4.3, houve registro de novas ocupações nas margens do Rio Doce. Além do aumento de edificações, verificou-se ainda o aumento do número populacional nos bairros que margeiam o Rio Doce.
As áreas de risco permaneceram ao longo do tempo e são os mesmos locais?	Conforme verificado no item 4.5, algumas áreas permaneceram ao longo dos anos analisados em situação de risco alto e muito alto, entretanto verificou ainda que bairros que no ano de 2000 pertencia ao grau de risco médio, no ano de 2010 evoluiu para o grau de risco alto e permaneceu até o ano de 2018.
Tem havido diminuição das áreas de risco?	Conforme verificado na tabela 25, não houve diminuição no grau de risco alto e muito alto para os cenários analisados.
Aumentou a população exposta ao Risco de desastre a inundação?	Conforme verificado na tabela 26 houve aumento de pessoas expostas ao risco de desastre a inundação.
A cidade apresenta diferentes vulnerabilidades sociais?	Sim. Conforme discutido no item 4.4 identificou-se que cidade de Governador Valadares apresenta vulnerabilidade social referente à alfabetização, responsáveis pelos domicílios e idade, à renda e infraestrutura básica de moradia.
Existe vulnerabilidade nas áreas consideradas em perigo de inundação?	Sim. Considerando as áreas de perigo a inundação, verificou-se que única variável que apresentou melhora ao longo dos anos foi alfabetização. Destaca-se ainda a significativa piora em 2018 para a vulnerabilidade relacionada a renda e infraestrutura básica de moradia, principalmente nos bairros em que foi verificado aumento de urbanização nos últimos anos.
Será que a interpolação seria uma técnica para suprir essa necessidade de representação de dados socioeconômicos de forma contínua.	Considerando a validação metodológica dessa pesquisa, considera-se válida a utilização de técnicas de interpolação espacial para estudos de vulnerabilidade social. Ressalta-se a importância de utilizar a Krigagem ordinária como interpolador, uma vez que o mesmo fornece resultados mais precisos.
Quando os dados não cumprem os requisitos necessários para o uso da krigagem ordinária, seria o b-spline uma boa opção para o mapeamento de vulnerabilidade social de forma contínua?	Com base no exposto do item 3.5 o interpolador b-spline pode ser utilizado para mapeamento de vulnerabilidade social quando os dados não possuem dependência espacial.

A evolução urbana ocorre nas áreas próximas ao Rio Doce? Existem ocupações sobrepostas às áreas de preservação permanente?	Considerando ainda o aumento da urbanização na área de estudo, identifica-se que esse crescimento ocorreu também nas proximidades do Rio Doce e existe ainda ocupações nas áreas de preservação permanente, conforme demonstrado na figura 61.
Será que as próprias pessoas estão construindo as áreas de risco?	Considerando os resultados dessa pesquisa, os humanos estão sim construindo áreas de risco. Essa afirmativa se torna clara ao visualizar os resultados do mapa de áreas urbanizadas de 2003, 2012 e 2018, mapa de espacialização populacional de 2000, 2010 e 2018, mapa final de vulnerabilidade social e mapa de risco de desastres por inundações.
As pessoas estão aumentando (construindo) ou diminuindo (desconstruindo) os espaços de risco?	Conforme foi apresentado no Mapa de risco de desastres por inundações no qual fez-se uma análise para três anos (2000, 2010 e 2018) o risco de desastres a inundações tem aumentado.
Confirma-se a afirmativa de que o “risco é uma construção social? Mas o que influenciou esse aumento ao longo dos anos?	Sim, confirmou-se a afirmativa de Ivete Veyret de que o “risco é uma construção social”. Considerando essa pesquisa, identificou-se que na cidade de Governador Valadares a influência para a construção do Risco diz respeito ao aumento de vulnerabilidade social nas áreas consideradas em perigo a inundações e ainda ao aumento da exposição. Ou seja, a permanência desses três elementos, confirma-se que o risco é algo construído.

Elaboração: Patrícia Soares Rezende (2019).