

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE ARTES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

DAYANNE DIWLYAN RAASCH DE OLIVEIRA

**FATORES INFLUENTES SOBRE DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS ÀS
ÁGUAS URBANAS: ESTUDO EM COLATINA – ES**

VITÓRIA

2022

DAYANNE DIWLYAN RAASCH DE OLIVEIRA

**FATORES INFLUENTES SOBRE DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS ÀS
ÁGUAS URBANAS: ESTUDO EM COLATINA – ES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Daniella do Amaral Mello Bonatto

VITÓRIA

2022

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

O48f Oliveira, Dayanne Diwlyan Raasch de, 1993-
Fatores influentes sobre desastres naturais relacionados às águas urbanas: estudo em Colatina – ES / Dayanne Diwlyan Raasch de Oliveira. - 2022.
190 f. : il.

Orientadora: Daniella do Amaral Mello Bonatto.
Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes.

1. Desastres. I. Bonatto, Daniella do Amaral Mello. II.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Artes. III.
Título.

CDU: 72

DAYANNE DIWLYAN RAASCH DE OLIVEIRA

“FATORES INFLUENTES SOBRE DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS
ÀS ÁGUAS URBANAS: UM ESTUDO EM COLATINA-ES”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito
Santo, como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo.

Aprovada em 26 de dezembro de 2022.

Comissão Examinadora

Daniella do Amaral Mello Bonatto

Profa. Dra. Daniella do Amaral Mello Bonatto
(orientadora – PPGAU/UFES)

Cristina Engel de Alvarez

Profa. Dra. Cristina Engel de Alvarez
(membro interno – PPGAU/UFES)

Leandro Camatta de Assis

Prof. Dr. Leandro Camatta de Assis
(membro externo – IFES-Colatina)





FOLHA DE APROVAÇÃO-Dayanne

Data e Hora de Criação: 16/03/2023 às 12:12:55

Documentos que originaram esse envelope:

- FOLHA DE APROVAÇÃO-Dayanne.pdf (Arquivo PDF) - 1 página(s)



Hashs únicas referente à esse envelope de documentos

[SHA256]: 7eaf34dfbe00d20046f7b167b9e27a3db863f10e99563e2b8d386be42ed14b19

[SHA512]: 94668668c0c177fed0569e585f388576a760b6405db01c2f5b2b3f98f01112d71c2768c65b9d92bbde8eb4c11d265bab0017fa215e935008dc368f75879100

Lista de assinaturas solicitadas e associadas à esse envelope



ASSINADO - Daniella Do Amaral Mello Bonatto (daniella.bonatto@ufes.br)

Data/Hora: 16/03/2023 - 12:41:44, IP: 186.212.174.225

[SHA256]: 059fc2ec1c16806a92dc515ed8d142682def90a4237e318ea8e2fa521d357033



ASSINADO - Cristina Engel de Alvarez (engelalvarez@hotmail.com)

Data/Hora: 16/03/2023 - 13:40:39, IP: 200.137.65.103, Geolocalização: [-20.279485, -40.304476]

[SHA256]: 23491de2fe1d6d83a1d884cf0b4b23f83414f7a5b247a322655abf80920c9530



ASSINADO - Leandro Camatta de Assis (leandrocamatta@gmail.com)

Data/Hora: 16/03/2023 - 14:15:46, IP: 200.137.77.130

[SHA256]: 41f8c91742da08b09f5bc9853509e12810d180b6476ff4dcb211aed4d7f22894

Histórico de eventos registrados neste envelope

16/03/2023 14:15:47 - Envelope finalizado por leandrocamatta@gmail.com, IP 200.137.77.130

16/03/2023 14:15:47 - Assinatura realizada por leandrocamatta@gmail.com, IP 200.137.77.130

16/03/2023 14:13:14 - Envelope visualizado por leandrocamatta@gmail.com, IP 200.137.77.130

16/03/2023 13:40:39 - Assinatura realizada por engelalvarez@hotmail.com, IP 200.137.65.103

16/03/2023 13:39:57 - Envelope visualizado por engelalvarez@hotmail.com, IP 200.137.65.103

16/03/2023 12:41:44 - Assinatura realizada por daniella.bonatto@ufes.br, IP 186.212.174.225

16/03/2023 12:39:07 - Envelope visualizado por daniella.bonatto@ufes.br, IP 186.212.174.225

16/03/2023 12:20:42 - Envelope registrado na Blockchain por daniella.bonatto@ufes.br, IP 186.212.174.225

16/03/2023 12:20:41 - Envelope encaminhado para assinaturas por daniella.bonatto@ufes.br, IP 186.212.174.225

16/03/2023 12:12:56 - Envelope criado por daniella.bonatto@ufes.br, IP 186.212.174.225

À minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ser fonte de força, conforto e graças. Agradeço-o por conduzir meu caminho.

À minha orientadora Prof.^a Dra. Daniella do Amaral Mello Bonatto, pelo apoio, pela dedicação e por compartilhar tanto conhecimento. Ainda, por se arriscar em orientar uma pesquisa que foge à sua especialidade, acreditando no potencial do estudo. Agradeço pela gentileza e por acrescentar no meu desenvolvimento acadêmico e pessoal.

Ao Prof. Dr. Abrahão Alexandre Alden Elesbon, por ser tão solícito e por toda disponibilidade. Agradeço, imensamente, pelos ensinamentos e colaborações para a evolução da pesquisa.

À Prof.^a Dra. Cristina Engel de Alvarez, pelas contribuições tão pertinentes desde o primeiro momento. Agradeço pelas sugestões que cooperam para obtenção de resultados relevantes.

Ao Prof. Dr. Leandro Camatta de Assis, pela solicitude e pelo exemplo em todos os anos nos quais foi meu professor. Pela compreensão e empatia em aceitar colaborar com a pesquisa, agradeço imensamente.

À Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes) por todo ensino de qualidade. A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), pela dedicação e por partilharem seus conhecimentos.

Ao engenheiro civil e Coordenador Municipal de Proteção Civil, da Defesa Civil de Colatina, Sr. Alex Bruno Guerra de Carvalho Cardoso, pela disposição, pela paciência, pela disponibilidade em atender aos questionamentos e pelo esclarecimento das dúvidas, além da permissão de acesso aos documentos da unidade, que possibilitaram a produção deste trabalho.

Ao colega André, pelo auxílio na representação gráfica da pesquisa. Agradeço aos colegas Nayara e Rômulo pelos conselhos, pela colaboração e pela revisão textual do trabalho.

À minha mãe Raquel, ao meu pai, Jackson, e ao irmão, Júnior, pelo amor, paciência e incentivo. Agradeço o apoio e todo suporte para que eu alcance meus sonhos e objetivos acadêmicos e pessoais.

Aos meus suportes emocionais: Frida, Scott e Zara, por todo amor e companheirismo.

Ao meu namorado, Breno, pelo apoio e compreensão de sempre, pelo respeito e por toda ajuda dedicados à pesquisa, e pelo encorajamento e cuidado durante o processo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

À pesquisa científica e ao ensino público e gratuito do país.

Por fim, encerro esse trabalho satisfeita e motivada a me aprofundar no estudo do tema, com o intuito de contribuir com a pesquisa científica e colaborar para mitigar os efeitos dos desastres naturais relacionados às águas urbanas.

RESUMO

A maneira como as cidades são planejadas e governadas tem estreita relação com os impactos sobre a sustentabilidade e a resiliência. Suas características refletem, conseqüentemente, no nível de vulnerabilidade aos eventos climáticos adversos. As atividades antrópicas têm modificado o clima do planeta, culminando em desequilíbrio dos sistemas naturais e acarretando situações de fragilidade que podem ocasionar catástrofes. O objetivo principal desta pesquisa foi identificar fatores que influenciaram as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina-ES, nos anos de 2013 e de 2020, e investigar a colaboração da ocupação urbana para tais ocorrências, dentro de uma perspectiva ambiental, social e urbana. Para cumprir este propósito, foi realizada uma pesquisa descritiva e analítica que avaliou 71 bairros localizados na Sede municipal. Por meio de pesquisa de campo, com documentos disponibilizados pela Defesa Civil de Colatina, foram coletados e georreferenciados dados acerca dos desastres hidrológicos e geológicos ocorridos no recorte temporal da pesquisa. Utilizando de Sistema de Informação Geográfica, os dados foram integrados fazendo uso de uma lógica processual de interpretação, classificação e representação. Foram realizadas análises das modificações na cobertura do solo, sob uma perspectiva espaço-temporal e, identificados os fatores influenciadores na ocorrência de desastre. Como resultados, a pesquisa sintetizou dados, por meio de mapeamento descritivo do território, das modificações espaciais no tempo, e o elenco dos fatores influentes sobre os desastres relacionados às águas urbanas. Os resultados da pesquisa indicaram, sete principais fatores influentes sobre a ocorrência dos desastres: a pluviosidade; a renda; os domicílios com arborização no entorno; os domicílios com presença de lixo no entorno; os domicílios com a presença de bueiros e bocas de lobo no entorno; o coeficiente de escoamento a partir das áreas permeáveis e impermeáveis; e a cobertura do solo. Como principal contribuição tem-se desvelados aspectos que influenciaram para as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, elucidando os aspectos a serem controlados e problemas a se mitigar.

Palavras-chave: Desastres Naturais. Desastres Hidrológicos. Desastres Geológicos. Colatina. Uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

The way cities are planned and governed is closely related to impacts on sustainability and resilience. These characteristics reflect, consequently, the level of vulnerability to adverse weather events. Anthropogenic activities have modified the planet's climate, culminating in an imbalance of natural systems and causing situations of fragility that can cause catastrophes. The main objective of this research was to identify factors that influenced the occurrences of natural disasters related to urban waters in Colatina-ES, in the years 2013 and 2020, and to investigate the collaboration of urban occupation for such occurrences, within an environmental, social and urban perspective. To fulfill this purpose, a descriptive and analytical research was carried out that evaluated 71 neighborhoods located in the municipal headquarters. Through field research, with documents made available by the Civil Defense of Colatina, data about the hydrological and geological disasters that occurred in the time frame of the research were collected and georeferenced. Using the Geographic Information System, the data were integrated using a procedural logic of interpretation, classification and representation. Analyses of changes in land cover were performed from a spatio-temporal perspective and the factors influencing the occurrence of disaster were identified. As results, the research synthesized data, through descriptive mapping of the territory, of spatial modifications in time, and the list of influential factors on disasters related to urban waters. The results of the research indicated seven main influential factors on the occurrence of disasters: rainfall; income; households with trees in the surroundings; households with the presence of garbage in the surroundings; households with the presence of culverts and wolf mouths in the surroundings; the coefficient of runoff from permeable and impermeable areas; and land cover. The main contribution has been revealed aspects that influenced the occurrences of natural disasters related to urban waters, elucidating the aspects to be controlled and problems to be mitigated.

Keywords: *Natural Disasters. Hydrological Disasters. Geological Disasters. Colatina. Land use and occupation.*

LISTA DE ABREVIações

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGERH	Agência Estadual de Recursos Hídricos
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CEPDEC	Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
CONPDEC	Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CPRM/SGB	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais Serviço Geológico do Brasil
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GEOBASES	Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MCID	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPDG	Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NRC	Conselho Nacional de Pesquisa
PANGEA	Geologia e Estudos Ambientais Ltda
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Prefeitura Municipal de Colatina
PMRR	Plano Municipal de Redução de Riscos
PNA	Plano Nacional de Adaptação
PNGRRDN	Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres

SACE	Sistema de Alerta de Eventos Críticos
SICAR	Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural
SIEPDEC	Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.....	51
Equação 2.....	123
Equação 3.....	124
Equação 4.....	124
Equação 5.....	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Características dos leitos do rio	37
Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada.....	46
Figura 3 – Comunicado PMC	46
Figura 4 – Mancha observada do dia 24/12/2013	47
Figura 5 – Cotas máximas observadas entre 1997 e 2013	49
Figura 6 – Mapa Interativo	54
Figura 7 – Página inicial sistema Alerta!.....	57
Figura 8 – Comunicados referentes às cotas de inundação nas redes sociais da PMC	58
Figura 9 – Setores de risco mapeados e classificados pela CPRM em 2012 e 2019	67
Figura 10 – Reportagem deslizamento de terra em Colatina.....	90

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Cheia do Rio Doce	45
Fotografia 2 – Cheia do Rio Doce abaixo da ponte	46
Fotografia 3 – Enchente de 1979	48
Fotografia 4 – Enchente de 1997	48
Fotografia 5 – Enchente de 2013	49
Fotografia 6 – Reportagem deslizamento de terra em Colatina.....	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Área (%) de cada classe da Compartimentação Geomorfológica	33
Gráfico 2 – Uso e Cobertura do Solo 2008.....	36
Gráfico 3 – Uso e Cobertura do Solo 2012 – 2015.....	38
Gráfico 4 – Comparação de uso e cobertura do Solo em 2008 e 2015	39
Gráfico 5 – Número de notificações registradas por bairro e tipo de desastre.....	75
Gráfico 6 – Número de notificações por tipo de desastre e grupo de bairros	79
Gráfico 7 – Densidade populacional (hab/ha)	80
Gráfico 8 – Pluviosidade média anual (mm) nos anos de 2013 a 2020	82
Gráfico 9 – pluviosidade média mensal (mm) nos anos de 2013 a 2020.....	82
Gráfico 10 – Número de notificações de desastres por bairro em 2013	89
Gráfico 11 – Tipo de uso dos imóveis afetados em 2013	90
Gráfico 12 – número de notificações de desastres por bairro em 2020.....	95
Gráfico 13 – Tipo de uso dos imóveis afetados em 2020 – em valor absoluto e em porcentagem	96
Gráfico 14 – Número de notificações de desastres hidrológicos em 2013 e 2020....	97
Gráfico 15 – Soma do número de notificações de desastres hidrológicos em 2013 e 2020	98
Gráfico 16 – Número de notificações de desastres geológicos em 2013 e 2020.....	99
Gráfico 17 – Soma do número de notificações de desastres geológicos em 2013 e 2020	100
Gráfico 18 – Relação renda e desastres hidrológicos	106
Gráfico 19 – Relação renda e desastres geológicos	107
Gráfico 20 – Relação entre a arborização e os desastres hidrológicos	111
Gráfico 21 – Relação entre a arborização e os desastres geológicos	112
Gráfico 22 – Relação do lixo no entorno com os desastres hidrológicos	115

Gráfico 23 – Relação de lixo no entorno e desastres geológicos	116
Gráfico 24 – Relação presença de bueiro e boca de lobo no entorno e desastres hidrológicos	120
Gráfico 25 – Relação presença de bueiro e boca de lobo no entorno e desastres geológicos	121
Gráfico 26 – Número de notificações de desastres em 2013 e em 2020	131
Gráfico 27 – Número de bairros com notificações em 2013 e 2020	132
Gráfico 28 – Proporção de tipo de cobertura do solo por bairro, em 2020 (%)	136
Gráfico 29 – Proporção de tipo de cobertura do solo na área analisada (km ²)	138
Gráfico 30 – Área de classe de cobertura do solo em bairros afetados e não afetados	140
Gráfico 31 – Conformação da cobertura do solo de bairros não afetados	141
Gráfico 32 – Conformação da cobertura do solo de bairros afetados	142
Gráfico 33 – Porcentagem de cada classe dos tipos de cobertura do solo.....	143

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização e representação do vale do rio Doce em Colatina	29
Mapa 2 – Modelo digital de terreno da área urbanizada do município.....	29
Mapa 3 – Compartimentação Geomorfológica	32
Mapa 4 – Uso e Cobertura do Solo em 2008	35
Mapa 5 – Uso e Cobertura do Solo 2012 - 2015	37
Mapa 6 – Uso e ocupação do solo de Colatina	40
Mapa 7 – Evolução da área urbanizada entre os anos 2010 e 2020	41
Mapa 8 – Evolução do perímetro urbano	42
Mapa 9 – Densidade Urbana	43
Mapa 10 – Configuração hidrográfica de Colatina.....	44
Mapa 11 – Grupos Hidrológicos de Solos	52
Mapa 12 – Áreas de risco mapeadas pela CPRM em 2012	59
Mapa 13: Áreas de risco mapeadas pela Pangea em 2014	64
Mapa 14 – Áreas de risco mapeadas pela CPRM em 2019	65
Mapa 15 – Apresentação das 74 áreas analisadas do território	71
Mapa 16 – Distribuição e identificação dos bairros da área efetivamente urbanizada	72
Mapa 17 – Grupos de bairros.....	77
Mapa 18 – Localização e número de notificações de desastres hidrológicos em 2013	86
Mapa 19 – Localização e número de solicitações de notificações de desastres geológicos em 2013	88
Mapa 20 – Localização e número de notificações de ocorrências de desastres hidrológicos em 2020.....	92

Mapa 21 – Localização e número de solicitações de atendimento de ocorrências de desastres geológicos em 2020	94
Mapa 22 – Distribuição espacial de renda.....	104
Mapa 23 – Distribuição espacial de domicílios com arborização no entorno	109
Mapa 24 – Distribuição espacial de domicílios com lixo no entorno	114
Mapa 25 – Distribuição espacial de domicílios com presença de bueiros e bocas de lobo no entorno.....	118
Mapa 26 – Área urbanizada entre 2010 e 2020 e relação com as ocorrências em 2013 e 2020	127
Mapa 27 – Área urbanizada entre 2010 e 2020 e relação com as ocorrências em 2013 e 2020	129
Mapa 28 – Cobertura do solo 2020 da área analisada	134

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação de desastres conforme intensidade	31
Quadro 2 – COBRADE categoria natural	33
Quadro 3 – Definições de resiliência	40
Quadro 4 – Parâmetros dos Compartimentos Geomorfológicos	31
Quadro 5 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Parte 1)	50
Quadro 5 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Parte 2)	51
Quadro 6 – Classificação de grau de risco geológico Pangea.....	61
Quadro 7 – Classificação de grau de risco hidrológico Pangea 2014 (Parte 1)	62
Quadro 7 – Classificação de grau de risco hidrológico Pangea 2014 (Parte 2)	63
Quadro 8 – Classificação de grau de risco geológico CPRM 2019	66
Quadro 9 – Classificação de grau de risco hidrológico CPRM 2019.....	66
Quadro 10 – Relação de obras de contenção e número de notificações de desastres geológicos 2013 e 2020.....	101
Quadro 11 – Distribuição área de classe de cobertura do solo em bairros afetados e não afetados.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados climatológicos para Colatina.....	29
Tabela 2 – Classificação de alerta em mm/h.....	55
Tabela 3 – Quantidade de setores em cada nível de risco.....	63
Tabela 4 – Identificação de local, tipo e número de notificações registradas (Parte 1)	73
Tabela 4 – Identificação de local, tipo e número de notificações registradas (Parte 2)	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	OBJETIVOS	23
1.1.1	Objetivo geral	23
1.1.2	Objetivos específicos	23
1.2	JUSTIFICATIVA	23
2	DESASTRES NATURAIS, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÁGUAS URBANAS	26
2.1.1	Conceituação	27
2.1.2	Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)	32
2.1.3	Fenômenos relacionados aos desastres hidrológicos e geológicos	33
2.2	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÁGUAS URBANAS	34
2.2.1	Vulnerabilidade e resiliência	39
2.2.2	Desastres não são naturais	42
3	METODOLOGIA	44
3.1	DESCRIÇÃO DO CONTEXTO GERAL	47
3.2	APRESENTAÇÃO ESPACIAL DOS DESASTRES	49
3.3	PLUVIOSIDADE	49
3.4	SISTEMATIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE DADOS 2013 E 2020	49
3.5	MAPAS COMPLEMENTARES – ANÁLISE DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS AFETADOS	50
3.6	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	50
3.7	ANÁLISES ESPACIAIS: COBERTURA DO SOLO E BAIROS AFETADOS	51
4	CARACTERIZAÇÃO DE COLATINA ACERCA DOS ASPECTOS RELACIONADOS AOS DESASTRES	53
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO RECORTE TERRITORIAL	53
4.1.1	Clima	29
4.1.2	Geomorfologia	29
4.1.3	Cobertura do solo Colatina	33
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA DE COLATINA	40
4.3	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS URBANAS DE COLATINA	44
4.3.1	Classificação Hidrológica do solo	49
4.4	A ESTRUTURA E A ATUAÇÃO DO MUNICÍPIO NO MONITORAMENTO E NO ENFRENTAMENTO DE DESASTRES NATURAIS	53
4.4.1	Sistemas de monitoramento e alerta	53
4.4.2	Mapeamento de Áreas de Risco	58
4.4.3	Fonte de histórico de desastres naturais	68

5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
5.1	APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO ESPACIAL ACERCA DOS BAIRROS AFETADOS	69
5.2	PLUVIOMETRIA	81
5.3	SISTEMATIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM 2013 E 2020	83
5.3.1	Notificações relacionadas às águas urbanas em 2013	85
5.3.2	Notificações relacionadas às águas urbanas em 2020	91
5.3.3	Comparação entre 2013 e 2020 acerca do número de notificações relacionadas aos eventos hidrológicos e geológicos	96
5.3.4	Obras de contenção	101
5.4	RELAÇÃO ENTRE ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DESASTRES NATURAIS	102
5.4.1	Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição espacial de renda	103
5.4.2	Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com arborização no entorno	108
5.4.3	Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com lixo no entorno	113
5.4.4	Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com presença de bueiros e bocas de lobo no entorno	117
5.5	COEFICIENTE DE ESCOAMENTO	122
5.5.1	Coefficiente de escoamento em Colatina	123
5.6	COLABORAÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA PARA A OCORRÊNCIA DE DESASTRES HIDROLÓGICOS E GEOLÓGICOS EM COLATINA	130
5.6.1	Evolução do cenário de ocorrência desastres naturais entre 2013 e 2020	130
5.6.2	Cobertura do solo em 2020	133
5.6.3	Ocorrências de desastres naturais e cobertura do solo em Colatina	139
5.7	CONSIDERAÇÕES GERAIS	143
6	CONCLUSÃO	146
	REFERÊNCIAS	149
	APÊNDICE A	157

1 INTRODUÇÃO

A maneira como as cidades são planejadas e governadas tem relação direta com os impactos sobre a sustentabilidade e a resiliência, e suas características refletem, conseqüentemente, no nível de vulnerabilidade aos eventos climáticos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a resiliência pode ser compreendida como “[...] a capacidade de antecipar, se preparar, responder e se recuperar de situações adversas” (BRASIL, 2016, p. 205). Para Tucci (2005), vulnerabilidade a eventos extremos é definida como a incapacidade da população em retornar às condições anteriores às ocorrências do evento em relação à habitação e condições socioeconômicas.

As cidades precisam se preparar para enfrentar situações de calamidade, provenientes de frequentes eventos climáticos extremos (DRIESSEN et al., 2018). Além disso, as atividades antrópicas têm modificado o clima do planeta, aumentando os riscos em cidades, apresentando correlação com a produção de ilhas de calor, a redução da qualidade do ar e a aceleração do escoamento superficial das águas pluviais (HOEGH-GULDBERG et al., 2018).

De acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021), as alterações no meio ambiente vêm se acentuando devido ao desejo do homem de moldar o meio físico conforme suas próprias necessidades e usos. Tais alterações culminam em desequilíbrio dos sistemas naturais, acarretando situações de fragilidade que, conseqüentemente, podem ocasionar os desastres. Contudo, no Brasil, o grau de vulnerabilidade das comunidades afetadas tem maior influência na ocorrência e na intensidade das catástrofes naturais do que a própria magnitude dos eventos adversos (CEMADEN, 2021).

No Brasil, o aumento na incidência de desastres naturais é oriundo, principalmente, de um processo acelerado na urbanização do país, sobretudo, desde a década de 1950 (TUCCI, 2008). Para o autor, esta expansão, que ocorreu sem um adequado planejamento e sem o acompanhamento de políticas de desenvolvimento urbano que envolvessem a promoção de habitação para toda a população, culminou no crescimento desordenado das cidades, inclusive, em áreas impróprias à ocupação e com limitada infraestrutura de saneamento ambiental – água, esgoto, drenagem e resíduos sólidos.

Grande parte da população de menor poder aquisitivo acabou ocupando terrenos desvalorizados, em situações ilegais e precárias, ademais de áreas de preservação ambiental ou com características geológicas e geomorfológicas desfavoráveis, originando os assentamentos ilegais e precários. Posteriormente, os assentamentos se expandiram, abrangendo áreas de grande declividade – além das margens ribeirinhas – e traçando um panorama de extrema vulnerabilidade a deslizamentos de encostas, a inundações e a enxurradas (CEMADEN, 2021; TOMINAGA, 2009; TUCCI, 2008).

Concomitantemente, a acentuada expansão de superfícies impermeabilizadas nas cidades colaborou com o aumento da intensidade e da frequência de desastres hidrológicos, gerando danos à população. As ações antrópicas nestes assentamentos, vinculadas à construção de moradias sem infraestrutura adequada, a desmatamentos, a cortes e aterros, a alterações nas drenagens, a lançamento de lixo, dentre outros, elevam os riscos de instabilidade dos terrenos. Outrossim, o problema é intensificado pela alteração na cobertura vegetal em áreas rurais, que modifica a dinâmica das águas nas bacias e impacta os rios quanto à quantidade e à qualidade da água, provocando, também, o assoreamento (CEMADEN, 2021; TOMINAGA, 2009;).

Ainda, a ação de políticas urbanas de uso e ocupação do solo e, principalmente, de drenagem, acentuou os problemas supracitados. A prática frequente de retificação e canalização de corpos hídricos restringe a capacidade de escoamento das águas pluviais e de alimentação do lençol freático, acelerando a velocidade de escoamento e diminuindo o tempo de segurança, ocasionando alagamentos nas áreas urbanas (AMARAL; RIBEIRO, 2009).

No Brasil, há uma estreita relação entre a elevada degradação ambiental, a intensidade do impacto dos desastres naturais e o crescimento da vulnerabilidade humana (MAFFRA; MAZZOLA, 2007). Além disso, os maiores e mais frequentes desastres ocorridos, estão relacionados às águas, seja pelo seu excesso ou escassez (CEMADEN, 2021). Esta pesquisa aborda, especificamente, a relação entre as águas e os desastres naturais em áreas urbanas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa foi identificar fatores que influenciaram nas ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina, no Espírito Santo, nos anos de 2013 e 2020¹, e investigar a colaboração da ocupação urbana para tais ocorrências.

1.1.2 Objetivos específicos

A partir do objetivo geral, foram delineados os seguintes objetivos específicos:

- a) mapear o histórico das ocorrências de desastres naturais em relação às águas urbanas nos anos 2013 e 2020;
- b) analisar as características físicas urbanas (expansão do território, expansão do perímetro urbano, uso e ocupação do solo) e a sua evolução ao longo dos anos, além de buscar a correlação com os dados pluviométricos, os locais de implantação das áreas de risco e a alteração no uso e na ocupação do solo com a ocorrência de desastres naturais;
- c) interpretar a correlação espacial entre a ocorrência de desastres e aspectos socioeconômicos e de uso e cobertura do solo.

1.2 JUSTIFICATIVA

A pesquisa se justifica, inicialmente, pelo entendimento da importância do estudo dos desastres naturais relacionados às águas urbanas, ocorridos no contexto atual, visto que estes eventos são capazes de causar diversos prejuízos econômicos, ambientais e, principalmente, sociais. A relevância social do estudo está pautada na busca por evidenciar as consequências destes eventos e compreender suas origens, visando à criação de medidas estruturais e não-estruturais de mitigação dos danos causados.

¹ Os dois períodos foram selecionados com a finalidade de proporcionar a realização de uma comparação. Em 2013 ocorreu o último desastre natural histórico do município e o ano de 2020 foi o mais recente com ocorrências de desastres naturais impactantes.

A relevância científica do trabalho consiste na articulação dos métodos quantitativos de análise espacial e em seu cruzamento com dados históricos acerca da ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas – desastres, incidência de chuva, uso do solo e localização – para a verificação das possíveis causas. De tal maneira, a pesquisa contribui na abordagem da temática de ocorrência de catástrofes naturais relacionadas às águas urbanas, pelo ponto de vista da identificação dos fatores de influência.

Assim, o trabalho apresenta uma proposta de investigação descritiva e analítica acerca dos desastres naturais relacionados às águas urbanas na cidade de Colatina – ES, com ênfase na relação entre: a) ocorrência de desastres naturais; b) incidência de chuvas; e c) uso e ocupação do solo.

A escolha do objeto de estudo, Colatina-ES, deve-se ao fato de o município sofrer com recorrentes desastres naturais relacionados às águas urbanas, como as três últimas enchentes históricas de 1979, 1997 e 2013. Além disso, entre o período de 1997 a 2013, a cota de inundação foi atingida em 11 ocasiões distintas (CPRM, 2016), como mostra detalhadamente o tópico 4,3.

Nesse sentido, a problemática da pesquisa está relacionada à necessidade de compreender tais desastres e suas origens, a fim de contribuir para seu enfrentamento e melhoria na resiliência urbana.

A estrutura da dissertação foi composta de 06 (seis) capítulos. O primeiro capítulo (este) trata da introdução, trazendo a problemática, os objetivos e justificativas deste trabalho. No segundo, fez-se a revisão literária, que abrange os eixos relativos aos desastres naturais e às águas urbanas; aos desastres naturais e à urbanização; aos desastres naturais relacionados às águas urbanas no contexto geral; e à problematização da urbanização.

Apresenta-se, no terceiro capítulo, o método, com as respectivas etapas que coordenaram o desenvolvimento da pesquisa. No quarto capítulo, traça-se um panorama da cidade de Colatina para contextualizar o objeto de estudo e expor, especificamente, como se relacionam a ocupação urbana e as águas urbanas no município, além de avaliar os mecanismos de gerenciamento de desastres naturais vinculados às águas urbanas do município.

No capítulo cinco, são apresentadas as análises realizadas e os resultados obtidos, além da interpretação da relação entre os desastres naturais ocorridos no recorte temporal da pesquisa e os critérios selecionados para análise – ocorrência de desastres, incidência de chuva, uso do solo e localização. O capítulo seis é pautado nas conclusões gerais obtidas a partir dos resultados e discussões.

2 DESASTRES NATURAIS, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÁGUAS URBANAS

Este capítulo trata da subordinação entre a ocorrência de desastres naturais e a relação entre uso e ocupação do solo, bem como da gestão das águas urbanas, além do grau de vulnerabilidade do território e sua capacidade de resiliência.

2.1 DESASTRES NATURAIS

De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2019), nas últimas décadas, os eventos climáticos têm ocasionado diversos desastres naturais que impactaram significativamente todo território nacional. Segundo o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, desenvolvido pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2015), doravante denominado Plano Nacional de Adaptação – PNA, o grande desastre natural ocorrido em janeiro de 2011, na região serrana do Rio de Janeiro, culminou em uma mudança intensa no gerenciamento de risco de desastres no país.

Naquele momento, além de medidas de socorro e apoio à reestruturação das áreas afetadas, ficou evidente a necessidade de ampliar esforços para expansão da capacidade da população brasileira de enfrentamento aos impactos de catástrofes naturais e, principalmente, de prevenção e alerta, visando evitar e reduzir o número de vítimas e de prejuízos sociais e econômicos provenientes dos sinistros (CEMADEN, 2021). Migrou-se, então, o enfoque de políticas públicas de recuperação e reconstrução pós-desastre para medidas de prevenção, objetivando, prioritariamente, salvaguardar a vida humana (CEMADEN, 2021).

Como ação de enfrentamento, o governo passou a desenvolver estratégias para gerir o risco de desastres. Nesse contexto, em 08 de agosto de 2012, foi lançado pela Presidência da República, o Plano Nacional de Gestão de Riscos e Respostas a Desastres Naturais (PNGRRDN), que alocou recursos para a prevenção, visando: (1) o mapeamento, (2) a previsão, (3) a resposta e (4) o monitoramento de eventos climáticos. O PNGRRDN foi estruturado de forma que o monitoramento estivesse associado a diversos órgãos governamentais, dentre eles o CEMADEN (CPRM, 2019; PNA, 2015).

Criado em 2011, o CEMADEN atua em todo o território nacional e monitora, ininterruptamente, as ameaças naturais associadas aos fenômenos que mais causam vítimas fatais no país – desastres geológicos e hidrológicos – em áreas de riscos de municípios brasileiros suscetíveis à ocorrência de desastres naturais (CEMADEN, 2021). Além do monitoramento de risco, o CEMADEN gerencia informações provenientes de radares meteorológicos, pluviômetros e dados oriundos de previsões climáticas, enviando-os aos órgãos competentes em todo o Brasil. Em suma, o CEMADEN instrumentaliza pesquisas e inovações tecnológicas que contribuam para a melhoria de seu sistema de alerta antecipado, projetando possíveis ocorrências de situações meteorológicas que possam originar desastres naturais (CEMADEN, 2021).

Entre 2011 e 2014, o PNGRRDN integrou, juntamente com outros órgãos do Governo Federal, o Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) e recebeu a missão de realizar o mapeamento de áreas de risco geológico em 821 municípios prioritários, dentre eles, Colatina, no Espírito Santo. O Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CENAD), que também era um dos órgãos abrangidos pelo PNGRRDN, contava com registros referentes aos decretos de calamidade pública, emergências e ocorrências de perda de vidas humanas decorrentes de desastres naturais, o que possibilitou a seleção dos municípios a serem monitorados (CPRM, 2019).

Em 10 de abril de 2012, foi instituída a Lei nº 12.608 (BRASIL, 2012), da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), que dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC), permitindo a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. O Sistema de Defesa Civil é responsável pela coordenação e execução das ações emergenciais de enfrentamento dos riscos resultantes dos desastres, sendo estruturado em nível Federal, Estadual e Municipal.

Desta forma, todo território nacional conta com estrutura organizacional, diretrizes e planos de ação para os atendimentos emergenciais (TOMINAGA, 2009). Para melhor compreensão desta dinâmica, os desastres naturais foram conceituados a seguir.

2.1.1 Conceituação

Continuamente, o tema ‘desastres naturais’ tem se disseminado, no cotidiano das pessoas, a nível nacional e global. O termo é, geralmente, associado a terremotos,

tsunamis, erupções vulcânicas, ciclones e furacões. Entretanto, no Brasil, é frequente que os desastres ocorram na forma de processos e fenômenos como desastres hidrológicos e geológicos.

Segundo Xu et al. (2021), mundialmente, o risco natural mais frequente são as inundações, que representam prejuízos sociais, econômicos e ambientais significativos, principalmente nas áreas urbanas altamente vulneráveis. Ainda, Tominaga, Santoro e Amaral (2009), mencionam que: “[...] os desastres naturais têm tido uma recorrência e impactos cada vez mais intensos”.

Londe et al. (2014), destacam a inegável importância da água para a saúde e a vida humana, advertindo, contudo, que, em algumas situações, a água pode ser instrumento de problemas e, inclusive, de ameaças à vida. Neste sentido, os desastres não são provenientes das médias, mas causados por extremos (OGURA, 2013). Portanto, a cerne do problema não se encontra no elemento água, mas nos eventos extremos que ocorrem associados a ela.

De acordo com Londe et al. (2014), não existe uma relação direta entre os desastres e as inundações, cheias, enchentes ou alagamentos. Isso pode ser explicado pelo fato de que em áreas não urbanizadas por exemplo, estes eventos são apenas processos físicos – por não haver danos às pessoas, não sendo considerados desastres. Sendo assim, tais situações são consideradas desastres apenas quando seus efeitos afetam uma comunidade vulnerável.

Existem, ainda, os perigos socionaturais que, conforme a Estratégia Internacional para Redução de Riscos de Desastres da Organização das Nações Unidas (UNISDR, 2009), acontecem quando a ação humana aumenta a ocorrência de desastres além da probabilidade natural de acontecerem. Os perigos socionaturais são agentes do processo de aumento do número de ocorrências de desastres geofísicos e hidrometeorológicos, nos quais a origem provém da relação entre os perigos naturais e a interferência antropogênica.

Deste modo, tais perigos podem ser evitados e reduzidos por meio de um gerenciamento apropriado do uso do solo e recursos naturais (UNISDR, 2009). Para o então Ministério do Planejamento e Orçamento – Departamento de Defesa Civil (1998, p.123), perigo (ou ameaça) significa qualquer situação em que haja condição potencial ou real, que possa resultar em morte, ferimento ou dano à propriedade.

Ademais, risco pode ser definido como a probabilidade de ocorrência de eventos perigosos, no qual o resultado é incerto, com potenciais consequências, que variam conforme intensidade ou grandeza. Neste sentido, relaciona-se com eventos onde algo de valor está em jogo, com prejuízos associados à potência dos danos ou perdas.

O Departamento de Defesa Civil, vinculado ao então Ministério do Planejamento e Orçamento (BRASIL, 1998), bem como o MMA (BRASIL, 2016), já definiam que o risco resulta da interação entre o grau de vulnerabilidade do sistema receptor, a exposição e o perigo. Dados do Ministério das Cidades (MCID), junto ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), ainda apontam que, na realidade brasileira, é frequente que áreas de risco correspondam a conjuntos habitacionais onde reside a população de baixa renda, conformando assentamentos precários (BRASIL, 2007).

Em suma, o MCID, o IPT e o Ministério do Planejamento e Orçamento – atual Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPDG) – (BRASIL, 2007; BRASIL, 1998) indicam que áreas de risco são aquelas onde há possibilidade de ocorrência de fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que provoquem efeitos adversos. Os ocupantes dessas áreas estão sujeitos a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. As áreas de risco de enchentes e inundação são definidas como “[...] terrenos marginais e cursos d’água ocupados por assentamentos habitacionais precários, sujeitos ao impacto direto de processos de enchente e inundação” (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007, p. 26).

Quando áreas ou regiões habitadas pelo homem são atingidas por fenômenos naturais, provocando-lhes danos, passam a se chamar ‘desastres naturais’ (TOMINAGA, 2009). Conforme o Ministério da Integração Nacional (2007), na Política Nacional de Defesa Civil Desastres, são entendidos como:

Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema e é quantificada em função de danos e prejuízos (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2007, p.8).

Ainda, um evento corresponde a um:

“[...] fenômeno com características, dimensões e localização geográfica registrada no tempo, sem causar danos econômicos e/ou sociais”. Por outro lado, quando relacionado à análise de risco, define-se como “ocorrência externa ou interna ao sistema, envolvendo fenômeno da natureza, ato

humano ou desempenho do equipamento, que causa distúrbio ao sistema” (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO, 1998, p.72).

Assim, ‘vulnerabilidade’ é definida como o “[...] grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo [...]” (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007, p. 26). Desastres naturais são causados por fenômenos e desequilíbrios da natureza, de grande intensidade, agravados ou não pela ação humana (TOMINAGA, 2009). Por exemplo, as chuvas intensas provocando inundações, enxurradas, alagamentos e movimento de massa.

Desastres humanos ou antropogênicos são aqueles provenientes de atividades ou omissões, tendo o homem como agente ou autor, como os acidentes de trânsito, incêndios urbanos, contaminações de rios e rompimentos de barragens (TOMINAGA, 2009). A classificação dos desastres conforme a intensidade, elaborada pelo Ministério da Integração Nacional (1999), é determinante no planejamento da resposta e da recuperação da área atingida.

Os critérios para classificação, segundo intensidade dos danos e prejuízos provocados – incluindo seu impacto percentual no Produto Interno Bruto (PIB) municipal – são apresentados no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Quadro 1 – Classificação de desastres conforme intensidade

Nível	Intensidade	Situação
I	Desastres de pequeno porte ou intensidade, também chamados de acidentes ² , caracterizados quando os danos causados são pouco importantes e os prejuízos consequentes são pouco vultosos e, por isso, são mais facilmente suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas. Representam menos de 5% do PIB municipal.	A situação de normalidade é facilmente reestabelecida, com os recursos existentes na área do município afetado e sem necessidade de grandes mobilizações.
II	Desastres de médio porte ou intensidade, caracterizados quando os danos causados são de alguma importância e os prejuízos consequentes, embora não sejam vultosos, são significativos. Representam entre 5 e 10% do PIB municipal.	A situação de normalidade pode ser reestabelecida, com os recursos disponíveis na área do município afetado, desde que sejam racionalmente mobilizados e judiciosamente administrados.
III	Desastres de grande porte ou intensidade, caracterizados quando os danos causados são importantes e os prejuízos consequentes são vultosos. Apesar disso, esses desastres podem ser suportáveis e superáveis por comunidades bem informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis. Representam entre 10 e 30% do PIB municipal.	A situação de normalidade pode ser reestabelecida, com os recursos mobilizados na área do município afetado, desde que sejam reforçados e suplementados com o aporte de recursos estaduais e federais, já existentes e disponíveis no Sistema Nacional de Defesa Civil.
IV	Desastres de muito grande porte ou intensidade, caracterizados quando os danos causados são muito importantes e os prejuízos consequentes são muito vultosos e, por isso, não são suportáveis e superáveis pelas comunidades afetadas, mesmo quando bem informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis, a menos que recebam substancial ajuda de fora da área do município afetado. Representam mais de 30% do PIB municipal.	A situação de normalidade depende da mobilização e da ação articulada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil e, em casos excepcionais, de ajuda internacional.

Fonte: Castro (1999, p.6-7; p. 14).

Nota: Dados adaptados pela autora (2022).

A Defesa Civil Nacional analisa e fornece os formulários para entrada no reconhecimento de Estado de Emergência e Calamidade Pública. Preliminarmente, a Defesa Civil Municipal justifica os gastos, por meio de relatório diagnóstico, no qual

² “Evento definido ou sequência de eventos fortuitos e não planejados, que dão origem a uma consequência específica e indesejada, em termos de danos humanos, materiais ou ambientais” (Ministério do Planejamento e Orçamento Departamento de Defesa Civil Esplanada dos Ministérios, 1998, p.5-6).

são apresentados dados como a área de risco mapeada, a população atingida, os danos causados (formulário com informações fornecidas pelo município relatando os danos materiais), além do plano de trabalho (projeto de reconstrução de área afetada) para cada situação. Então, a documentação é encaminhada à Defesa Civil Nacional para análise via Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID).

Na resposta aos eventos adversos, esta classificação se apresenta de forma satisfatória, já que permite calcular os danos, mesmo que em estágio inicial, contribuindo, sobretudo, para o estabelecimento da ordem de prioridade e para a destinação de ajuda necessária ao socorro às vítimas, por meio de ações e alocações de recursos. Paralelamente, a Defesa Civil utiliza a classificação da Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) para identificar os desastres ocorridos, conforme suas definições, códigos e simbologia.

2.1.2 Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE)

Segundo o Ministério do Desenvolvimento Regional (2020), a Defesa Civil utiliza a Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) para identificar os sinistros ocorridos, conforme suas definições, códigos e simbologia. No Apêndice A, tomando base a tabela de COBRADE, são apresentados o recorte dos desastres vinculados em maior ou menor grau de influência a dinâmica hídrica. Os desastres são separados em duas categorias gerais: naturais e tecnológicos. Os desastres tecnológicos dizem respeito a desastres humanos de natureza tecnológica, que estão associados às falhas no funcionamento da infraestrutura ou atividades humanas. São acidentes provenientes do desenvolvimento tecnológico e industrial e podem resultar em perda de vidas ou ferimentos, danos às propriedades, colapsos socioeconômicos ou degradação ambiental, como poluição industrial, radioatividade, resíduo tóxico, queda de barragens, acidentes industriais, dentre outros (BRASIL, 2007; TOMINAGA 2009).

Já os desastres naturais dizem respeito aos fenômenos e desequilíbrios da natureza relacionados aos fatores de origem externa, que podem ser agravados pela ação humana (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2007; CASTRO, 1999,). Há cinco grupos de desastres naturais: o geológico, o hidrológico, o meteorológico, o climatológico e o biológico. Nesta pesquisa, apenas os desastres naturais de natureza geológica e os hidrológica foram incluídos na análise.

O desastre geológico trata do movimento de massa, enquanto o hidrológico possui três subgrupos: inundações, enxurradas e alagamentos. A fim de facilitar a compreensão, os grupos abordados nesta pesquisa foram sintetizados no

Quadro 2.

Quadro 2 – COBRADE categoria natural

Categoria	Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	COBRADE
1.Natural	1. Geológico	3. Movimento de massa	1. Quedas, Tombamentos e rolamentos	1. Blocos	1.1.3.1.1
				2. Lascas	1.1.3.1.2
				3. Matacões	1.1.3.1.3
				4. Lajes	1.1.3.1.4
			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e ou rocha	1.1.3.2.1
			3. Corridas de Massa	1. Solo/Lama	1.1.3.3.1
				2. Rocha/Detrito	1.1.3.3.2
	4. Subsidências e colapsos	0	1.1.3.4.0		
	2. Hidrológico	1. Inundações	0	0	1.2.1.0.0
		2. Enxurradas	0	0	1.2.2.0.0
3. Alagamentos		0	0	1.2.3.0.0	

Fonte: Defesa Civil ES (2012).

Nota: Dados adaptados pela autora (2022).

A partir dos conceitos da classificação COBRADE, que lista os desastres hidrológicos e geológicos e apresenta seus tipos, os fenômenos foram descritos no tópico subsequente.

2.1.3 Fenômenos relacionados aos desastres hidrológicos e geológicos

Há diversos fenômenos relacionados aos desastres geológicos e hidrológicos. Quanto aos eventos hidrológicos, pode-se compreender as enchentes ou cheias como a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem, no qual ocorre, devido ao aumento da vazão ou descarga, o atingimento da cota máxima do canal, mas sem extravasamento (AMARAL; RIBEIRO, 2009, p. 42). Portanto, é importante

esclarecer que estes eventos não se caracterizam como desastres, mas apenas a movimentos naturais do canal.

Os 'movimentos de massa' fazem parte do grupo de desastres geológicos e, tratam do movimento do solo, rocha e/ou vegetação, ao longo da vertente, por meio da ação direta da gravidade. Ainda, outro elemento, como água ou gelo, pode contribuir para redução da resistência dos materiais de vertente, influenciando no comportamento plástico e fluido dos solos (TOMINAGA, 2009).

Desastres hidrológicos subdividem-se em 'inundações', 'enxurradas' e 'alagamentos'. As inundações representam o transbordamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais – planícies de inundação, várzeas ou leitos maiores do rio. As inundações ocorrem quando a enchente chega à cota superior do nível máximo da calha principal do rio (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007; AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Já os alagamentos acontecem quando há um acúmulo temporário de águas em uma determinada área, em função da deficiência do sistema de drenagem (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007; AMARAL; RIBEIRO, 2009). Por fim, enxurradas são o processo de escoamento superficial concentrado, que possui elevada energia de transporte (MINISTÉRIO DAS CIDADES; IPT, 2007; AMARAL; RIBEIRO, 2009).

Foram, assim, relacionados os possíveis fatores que ocasionam cada tipo de desastre. Dentre eles, os que mais se destacam são aqueles relacionados à urbanização e às águas urbanas. Portanto, é necessário compreendê-los a fim de investigar como os desastres geológicos e hidrológicos podem influenciar na ocorrência de eventos adversos.

2.2 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ÁGUAS URBANAS

Conforme Seraphim (2018) e Tucci (2005), no processo de urbanização, se não houver harmonia entre o planejamento urbano e a gestão das águas urbanas, há possibilidade de ocorrência de alterações significativas nos ecossistemas terrestre e aquático, além de significativas modificações na própria população. Este contexto pode culminar na degradação da qualidade de vida urbana e na tendência ao agravamento do problema dos desastres naturais dentro do cenário atual de desenvolvimento da cidade. Devido à falta de controle territorial no espaço urbano,

esse processo acarreta implicações diretas sobre a infraestrutura de abastecimento, de esgotamento sanitário, de águas pluviais (drenagem urbana e inundações ribeirinhas) e de resíduos sólidos (TUCCI, 2005).

Os principais impactos deste cenário são: a) alta concentração de pessoas em pequenas áreas, sem planejamento apropriado e com escassa infraestrutura de saneamento ambiental; b) ampliação das periferias de forma desordenada devido à migração; c) surgimento da cidade formal e da informal, ocasionada pela urbanização espontânea; e d) ocupação das áreas de mananciais (TUCCI, 2008). Dentre as consequências diretas da desorganização na gestão das cidades, quanto à infraestrutura de água, está a ocupação de áreas de risco de desastres hidrológicos ou movimentos de massa (TUCCI, 2008).

Conforme Tundisi (2014), sinistros urbanos em áreas periféricas de grandes proporções, que causam acidentes com mortes e provocam instabilidade social, podem ser ocasionados pelos usos excessivos do solo, como a superexploração ou degradação da terra associados aos extremos hidrológicos, somados à diminuição das coberturas vegetais naturais e à remoção de áreas alagadas. Segundo Tucci (2008), a tradicional ocupação urbana não tem como premissa o entendimento da relação entre o solo, a água e as plantas, bem como sua introdução na natureza. Esta compreensão poderia possibilitar a mitigação dos efeitos adversos da inserção de superfícies impermeáveis de telhados, passeios, ruas e o despejo de efluentes.

Na natureza, conforme a intensidade e a frequência das chuvas, vinculadas à cobertura e à resistência do solo, a água que não se infiltra tende a configurar ravinamentos naturais. Por outro lado, a precipitação que infiltra, escoar pelo subsolo e no aquífero até alcançar os rios (TUCCI, 2008).

Com a urbanização e conseqüente prejuízo à drenagem natural o novo sistema é formado por ruas, bueiros, condutos e canais, que aumentam a velocidade do escoamento e elevam significativamente as vazões máximas, além de lavarem as superfícies, transportando os poluentes produzidos pelas emissões de veículos, indústrias e hospitais. Em virtude da urbanização, ocorre, também, o despejo de esgoto no subsolo e em fossas (TUCCI, 2008).

Quanto aos recursos hídricos, os principais problemas decorrentes do impacto da urbanização são as grandes áreas impermeáveis e de canalizações – que influenciam

nas drenagens, picos de cheia, e acúmulo de sedimentos e resíduos sólidos – e a maior contaminação durante enchentes, que ocorre devido à mistura de águas de drenagem e pluviais com águas de esgotos, demonstrando os prejuízos da urbanização acerca da sobrecarga das infraestruturas e a deficiência no acesso aos serviços (TUCCI, 2010). Outro problema relacionado à interferência da urbanização nos recursos hídricos é a perda do ciclo hidrossocial, expressa pela impossibilidade de que os habitantes da área urbana utilizem os rios urbanos e as águas superficiais (lagos e represas) para recreação, lazer ou até mesmo abastecimento público (TUCCI, 2007).

Conforme Seraphim (2018), as alterações das funções do ciclo hidrológico natural, de recarga, de evapotranspiração e de escoamento superficial, são ocasionadas, principalmente, pelas mudanças dos padrões de cobertura do solo. A quantidade de água infiltrada está associada à ocupação da superfície, isto é, ao aumento da impermeabilização do solo e à redução de cobertura vegetal, consistindo em um dos principais impactos da urbanização. Neste cenário, a autora destaca o “[...] potencial para aplicação de infraestruturas de saneamento multifuncionais que reforçam o comportamento natural da água” (SERAPHIM, 2018, p. 9).

O escoamento pluvial pode ocasionar diversos impactos nas áreas urbanas, dentre eles, as inundações, que podem ocorrer de duas maneiras, quais sejam isoladas ou associadas (TUCCI, 2005, p. 28). O primeiro tipo corresponde às inundações de áreas ribeirinhas, que são “[...] inundações naturais que ocorrem no leito maior dos rios, derivadas das variabilidades temporal e espacial da precipitação e do escoamento na bacia hidrográfica” (TUCCI, 2005, p. 28).

As inundações isoladas acontecem quando há um evento de precipitação intensa e o solo não possui a capacidade de infiltrar todo volume. Assim, uma grande porção escoar para o sistema de drenagem tradicional, atingindo e extrapolando a capacidade do leito menor de escoamento. Dentro do ciclo hidrológico, esse é um processo natural, que ocorre conforme a variabilidade climática de curto, médio e longo prazos.

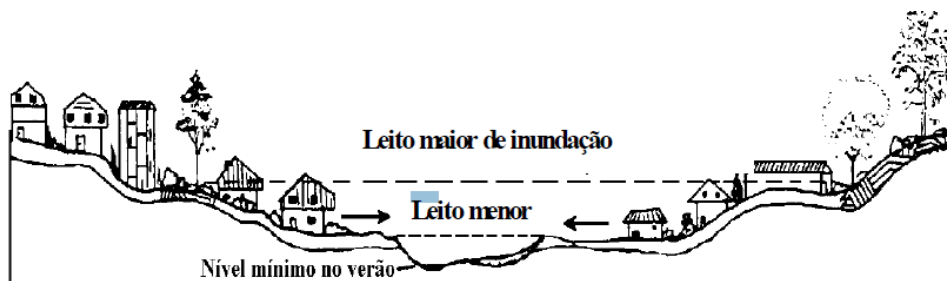
Os eventos frequentes de precipitação mantêm o rio do leito menor, que ele mesmo delimitou devido a este tipo de ocorrência. No entanto, em chuvas de menor frequência, o rio ocupa o leito maior. Tais eventos acontecem de forma aleatória e

subordinam-se aos processos climáticos locais e regionais, denominando-se “inundações ribeirinhas” (TUCCI, 2005).

Desta forma, dentro do processo natural, os rios, no período de recorrentes precipitações, migram do leito menor para o maior. Contudo, como os eventos ocorrem de forma pontual ao longo do tempo, a população, frequentemente e de maneira equivocada, ocupa o leito maior, ficando vulnerável às inundações. O gerenciamento desse tipo de inundação é responsável por evitar que as comunidades sejam negativamente impactadas (TUCCI, 2005).

Já as inundações associadas, são vinculadas à urbanização e “[...] ocorrem na drenagem urbana por conta do efeito da impermeabilização do solo, da canalização do escoamento ou das obstruções ao escoamento” (TUCCI, 2005, p. 28), conforme mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 1 – Características dos leitos do rio



Fonte: Tucci (2005).

As inundações associadas provêm da urbanização, quando ocorre modificação da cobertura da bacia pela retirada da sua proteção natural. Há, então, alteração na drenagem natural do solo. Em seguida, com a impermeabilização do solo e impedimento da permeabilidade – por meio de telhados, ruas, calçadas e pátios – a água passa a escoar por condutos, diminuindo a capacidade de infiltração natural do solo.

Neste processo de urbanização, o volume de água deixa de escoar lentamente pela superfície do solo e de ser retido pela vegetação, esvaindo-se através de superfícies impermeáveis, com maior velocidade, reduzindo o tempo de deslocamento. As vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo e ocasionando desastres hidro ou geológicos.

Assim, a gestão restrita do uso do solo da infraestrutura de água, somada às práticas inadequadas ou inexistentes de sustentabilidade urbana e ao limitado investimento são as principais causas destes percalços (TUCCI, 2008). Portanto, a urbanização interfere, diretamente, na taxa máxima possível de acesso da água ao solo e nas primeiras camadas da zona vadosa³, diminuindo a infiltração natural e elevando o escoamento nas áreas urbanizadas.

Esta relação é reafirmada por Mota (1981) e Hough (1984), – utilizada por Tucci (2005), Seraphim (2018) e Seraphim e Bezerra (2019) – que apontam que, a depender do padrão de ocupação, a quantidade de água que infiltra no solo pode ser reduzida a até 15%, aumentando, assim, o escoamento superficial, que pode chegar a 55% do volume precipitado. Marsalek et al. (2013) também indicam que qualquer processo de alteração do regime hidrológico nas áreas urbanizadas pode provocar mais alagamentos, inundações, redução da infiltração e da descarga subsuperficial de água nos corpos hídricos superficiais e, por consequência, ocasionar subsidência do solo.

Depreende-se que, na urbanização, os solos têm importante papel quanto à área e ao tipo de ocupação, pois a coesão do solo define a estabilidade de ocupação de encostas, indicando que, quanto mais coeso o solo, menos tendencioso a deslizamentos. Além disso, o solo conta com propriedades que são fundamentais na determinação das condições para a sustentação de obras civis, como a permeabilidade, a profundidade, a resistência ao cisalhamento e a resistência à carga:

A resistência a cargas é determinada, principalmente, pelas características de coesão e compactidade do solo. Em linhas gerais, areias compactas e argilas rijas e profundas representam solos melhores para fundações, com maior capacidade de suporte de carga e menos susceptíveis a deformações. Entretanto, solos considerados com boas características para fundações, devido principalmente à sua compactidade, acarretam limitações ao desenvolvimento da arborização urbana, infiltração da água e capacidade de receber efluentes líquidos domésticos. Em adição, solos encharcados de regiões pantanosas ou próximas a drenagens naturais, com lençóis freáticos muito altos, também são inadequados devido à susceptibilidade à deformação, risco de inundações, contaminação e dificuldade de receber efluentes domésticos (SERAPHIM, 2018, p. 14-15).

³ Zona de aeração ou zona vadosa é aquela que está situada entre a superfície freática e a superfície do terreno e, nela, os poros estão parcialmente preenchidos por gases (ar e vapor d'água) e por água (CPRM, 2022).

Circunstâncias ambientais inadequadas diminuem as condições de saúde e a qualidade de vida da população e, por outro lado, ampliam os riscos de impactos ambientais e são as principais limitações ao seu desenvolvimento (TUCCI, 2008). Contudo, os prejuízos da acelerada urbanização não se limitam aos perímetros das cidades, pois os sistemas urbanos são conectados e da água, impactando no seu uso, extrapolando os limites territoriais e refletindo em toda a bacia hidrográfica à qual pertencem (SERRAO-NEUMANN et al., 2017).

Tucci (2008) alerta que a maioria dos problemas são provenientes do descaso sobre a gestão das águas pluviais, no que diz respeito à comunidade e aos profissionais, pois ainda há prioridade a projetos pontuais, sem uma concepção de bacia, dos aspectos sociais e institucionais urbanos. Conforme apontam Tucci (2016) e Driessen et al. (2018), as atividades humanas ao longo das bacias – como o desmatamento, o aumento dos riscos relacionados ao uso e ocupação do solo sem planejamento, a intensa urbanização e os efeitos das mudanças climáticas – contribuem para potencialização dos efeitos extremos, aumentando a vulnerabilidade da biota terrestre e aquática e das populações humanas e, por conseguinte, a probabilidade de ocorrência de desastres hidrológicos em áreas costeiras e bacias hidrográficas.

2.2.1 Vulnerabilidade e resiliência

Mesmo nos casos em que os riscos são reconhecidos, é comum que não existam medidas efetivas quanto à redução de riscos e à vulnerabilidade, até que os eventos ocorram (XU et al., 2021). Entretanto, para gerenciar até mesmo os pequenos eventos, é necessário considerar medidas de mitigação e adaptação. Logo, aumentar a resiliência a desastres hidrológicos tornou-se imprescindível para lidar com as mudanças climáticas e os riscos naturais (XU et al., 2021).

Um sistema resistente a enchentes, precisa contar com estratégias de defesas e ter a capacidade de absorver e se recuperar de desastres hidrológicos, por meio de planejamento espacial e gerenciamento, utilizando oportunidades para lidar com os efeitos dos eventos adversos de forma flexível (DRIESSEN et al., 2018). Na literatura sobre resiliência relacionada às águas, existem algumas definições com variações, de acordo com campos de conhecimento e autores (Quadro 03):

Quadro 3 – Definições de resiliência

Fonte		Definição de resiliência
XU et al. (2021, p.2)	Engenharia	“capacidade de um sistema de se recuperar de uma interrupção causada por um distúrbio”.
	Ecologia	“está relacionada às mudanças que o sistema pode tolerar e à capacidade de reorganizar ou renovar”.
	Conselho Nacional de Pesquisa ⁴	"a capacidade de preparar e planejar, absorver, recuperar e se adaptar com mais sucesso a eventos adversos".
	Contexto do gerenciamento do risco de inundação	“a) a capacidade de resistir a eventos de inundação, ou seja, a capacidade de proteger contra enchentes; b) A resiliência quando ocorrem os eventos, ou seja, a capacidade de minimizar danos e suportar a recuperação rápida; e c) a auto-organização, aprendizado e adaptabilidade do sistema”.
	Características estruturais	“medida em que o sistema sofre interferência e ainda pode retornar ao seu estado original rapidamente quando impactado, mantendo suas principais funções, características estruturais e capacidade de autorregulação”.
Walker et al. (2004, p. 6).		"a capacidade de um sistema de absorver distúrbios e reorganizar-se enquanto muda indesejável, de modo a ainda manter essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e <i>feedback</i> "
Driessen et al. (2018)		“capacidade suficiente para resistir, a capacidade de absorver e recuar e a capacidade de se transformar e se adaptar”.

Fonte: Xu et al. (2021) e Driessen et al. (2018).

Nota: Dados adaptados pela autora (2022).

Conforme Xu et al. (2021), resiliência das inundações consiste na competência de prosperar além dos eventos de desastre hidrológico e se reestabelecer das interrupções ocorridas. Demonstra, portanto, a responsabilidade do sistema durante e após um evento de desastre hidrológico.

Para Xu et al. (2021), existem estudos que fragmentam o conceito de resiliência conforme a escala da enchente – como unidades de construção, cidades, bacias hidrográficas e regiões. O que existe em comum é que, “[...] por um lado, eles

⁴ Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) (2012b) Resiliência a Desastres: Um Imperativo Nacional. *National Academies Press*, Washington, DC.

ênfaticamente a capacidade de suportar os perigos de inundação e, por outro, enfatizam a capacidade de recuperação após o risco ter ocorrido” (XU et al., 2021, p. 2). Assim, quando trata da escala de um único edifício, a resiliência visa dar maior ênfase à estrutura física, resistindo às inundações, enquanto a resiliência urbana e regional visa dar prioridade às estruturas sociais e características espaciais (XU et al., 2021).

Driessen et al. (2018) e Xu et al. (2021) concordam que, para potencializar a capacidade de resistir a enchentes, é necessário utilizar um portfólio diversificado de abordagens de gerenciamento de risco de desastre hidrológico. Driessen et al. (2018, p.3) apresentam cinco possibilidades de gestão do risco de desastre hidrológico: a) prevenção de enchentes; b) defesa contra enchentes; c) mitigação de inundações; d) preparação de inundações e e) recuperação de inundações”.

Para gerenciar o risco de desastre hidrológico são necessários esforços que não estejam associados somente ao zoneamento de riscos de desastre hidrológico, mas é preciso somá-los às estratégias de gerenciamento de risco de inundação, que combinam exposição e vulnerabilidade social, mas também abordam a construção da resiliência (XU et al., 2021, p. 3). Em relação ao gerenciamento de riscos de desastre hidrológico, para diversificar as abordagens, é necessário alinhar diferentes setores (DRIESSEN et al., 2018).

Para implementar instrumentos políticos adequados, capazes de abordar, desde a prevenção, até a recuperação, é necessário sistematizar a gestão da água, o planejamento espacial e a gestão de emergências. Portanto, é indispensável conectar os setores de políticas e administração, com a finalidade de superar os desencontros de abordagens que o manejo de risco de desastre hidrológico pode gerar.

Para que isso ocorra, são necessários mecanismos ou processos que contem com troca de informações, coordenação de políticas e cooperação. Tais mecanismos auxiliam no estabelecimento de vínculos entre diferentes abordagens, potencializando a capacidade de resistência (DRIESSEN et al., 2018, p.3; XU et al., 2021, p. 3).

Alcançar a resiliência aos desastres hidrológicos somente será possível quando a legitimidade das estratégias de governança não for questionada, ou seja, todo processo e produção das estratégias deve ser realizado em conjunto com a sociedade, sendo de acesso fácil à informação e transparência, à justiça processual e à inclusão e, ainda, potencializando os critérios de equidade social, participação

pública e aceitabilidade pelos atores envolvidos (DRIESSEN et al., 2018, p.3; XU et al., 2021, p. 3). A partir do exposto sobre vulnerabilidade e resiliência frente aos desastres naturais, prosseguiu-se com a discussão sobre a pretensa “naturalidade”.

2.2.2 Desastres não são naturais

A ideia de que desastres são, simplesmente, parte do estado natural das coisas é associada ao uso frequente da expressão "desastre natural". No entanto, a literatura apresenta diversos exemplos que demonstram que um desastre não ocorre a menos que a sociedade esteja vulnerável. Conforme Chmutina, Von Meding e Boshier (2019), a vulnerabilidade pode estar associada à marginalização, discriminação, acesso injusto a recursos, conhecimento e apoio. Ainda, existem as vulnerabilidades relacionadas ao desmatamento, rápida urbanização, degradação ambiental e mudanças climáticas.

Perigos como terremotos, secas, inundações, tempestades, deslizamentos e erupções vulcânicas não podem ser evitados, mas os desastres, sim (CHMUTINA; VON MEDING; BOSHER, 2019). Deve-se esta afirmativa ao fato de que os perigos são, na verdade, os riscos naturais. Contudo, na literatura, os termos "risco natural" e "desastre" são, frequentemente, associados e utilizados com a finalidade de denominar os eventos de "desastres naturais".

No entanto, Puttick, Boshier e Chmutina (2018), afirmam que desastres naturais não existem, já que, em quase todas as ocorrências, existem fatores determinantes induzidos pelo homem, que transformam riscos naturais em desastres. Sendo assim, os riscos naturais ocasionam mortes e danos – ou seja, desastres – devido aos atos humanos de omissão e comissão⁵, e não provêm de um processo natural.

O mesmo risco natural pode ocorrer em um determinado território e ter impacto muito diferente em diferentes sociedades. Por exemplo, uma inundação pode causar devastação em uma área de uma cidade e não atingir outra.

Para compreender o motivo pelo qual os desastres não afetam todas as comunidades e sociedades da mesma forma, é necessário entender suas causas básicas, sabendo que, “[...] os impactos dos desastres são desproporcionalmente sentidos pelos pobres e/ou outros grupos sociais que foram empurrados para as margens da sociedade”

⁵ Ato ou efeito de cometer.

(CHMUTINA; VON MEDING; BOSHER, 2019. p.6). Logo, a vulnerabilidade pode ser considerada o reflexo de como o poder e os recursos são compartilhados dentro da sociedade.

Para Chmutina, Von Meding e Boshier (2019), as causas básicas de vulnerabilidades, capazes de transformar os riscos naturais em desastres, são: desigualdade, pobreza, ideologia política, relações de classe e poder. Para os mesmos autores, rotular os desastres como "naturais" possibilita a continuidade do processo de criação de riscos de desastres e, conseqüentemente, conivência com um planejamento urbano ruim, que aumenta as desigualdades socioeconômicas, a ausência ou má regulamentação de políticas, além da falta de adaptação e mitigação.

Ainda, não ocorrem desastres se as pessoas e cidades não estiverem “[...] vulneráveis devido à marginalização, discriminação e acesso desigual a recursos, conhecimento e apoio” (PUTTICK; BOSHER; CHMUTINA, 2018, p.4). Segundo os mesmos autores, os desastres são, portanto, resultantes da combinação de riscos naturais e vulnerabilidade social e humana.

A partir dos conceitos supracitados, este trabalho procura realizar análises ambientais e urbanas, tendo em vista a investigação das desigualdades intraurbanas e de como estas podem estar associadas às ocorrências de desastres na cidade de Colatina – ES, que consiste no recorte territorial da pesquisa.

3 METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos propostos, estabeleceu-se a metodologia adotada a partir de uma abordagem descritiva e analítica. O método contempla o estudo da área urbana de Colatina – ES em relação às ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, compreendendo estudos bibliográficos, pesquisa de campo e exame e produção de mapas, de modo a possibilitar a apreensão dos eventos e suas interações. A justificativa para a definição do recorte territorial foi aprofundada no item 4.3.

Fez-se uso de sistema de geoprocessamento que permitiu analisar os dados espaciais (MOURA, 2014). Para isso, utilizou-se dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que viabilizam a inclusão de dados de diferentes fontes em banco de dados georreferenciados (CÂMARA; MONTEIRO; MEDEIROS, 2003). Ainda, dentro do geoprocessamento, por meio da análise temporal, foi possível comparar dados de períodos diferentes de um mesmo objeto, utilizando meios de integração na plataforma ArcGIS 10.5.

O principal método de identificação de padrões no planejamento urbano foi o de sobreposição de informações cartográficas ambientais e socioeconômicas, pois possibilitam a disposição espacial de processos naturais e antrópicos e suas relações. Sendo assim, essa metodologia viabiliza a tomada de escolha, acerca das alternativas de ocupação que conciliem ações humanas e processos naturais, uma vez que a proporção espacial dada aos processos ecológicos oportuniza um cenário comum para interação entre planejamento urbano e ecologia (LEITÃO; AHERN, 2002). Além disso, propicia grande ganho nas análises, pela aproximação entre o modelo de estudo e a realidade. Por analisar o território, suas características e modificações, a partir de uma perspectiva temporal, foram determinados os recortes sócio-espaço-temporais, relacionando-os aos fatores influentes sobre a ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas. Ainda, os dados trabalhados em um SIG possuem dupla origem, podendo consistir em dado geográfico, por meio de sua localização expressada em coordenadas, e em atributos descritivos, ou seja, informações que podem ser categorizadas em um banco de dados.

A análise espaço-temporal trata-se de uma prática em comum entre arquitetura, paisagismo, desenho urbano e planejamento sobrepostos, intitulada *landscape-*

urbanism (VESCINA, 2010). O termo surgiu em 1997 e retrata uma inovação da concepção da paisagem apresentada como o “[...] desenvolvimento de uma ecologia espaço-temporal que trate todas as forças e agentes operando no campo urbano, considerando-os como redes contínuas de interrelações” (CORNER, 2003 apud VESCINA, 2010, p. 71).

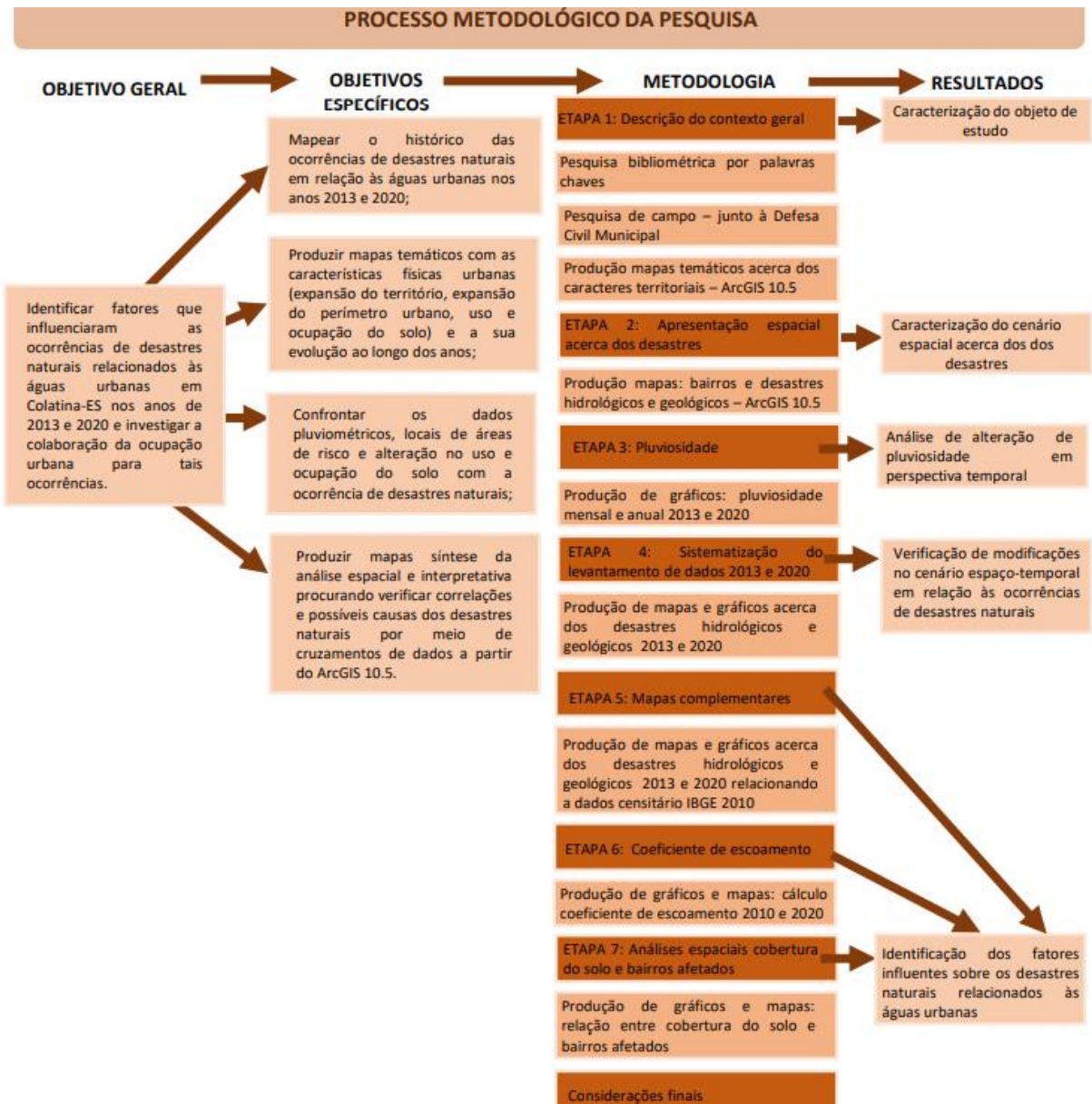
A dimensão tempo é abordada, neste tipo análise, com o intuito de compreender as mudanças na paisagem urbana e a previsão das consequências de intervenções pontuais no conjunto. Pode-se considerar ‘tempo’ a capacidade de gestão espacial:

[...] o acompanhamento das ocorrências no cotidiano da cidade, a resposta contextualizada para as possíveis consequências frente às mudanças espaciais, o pronto atendimento à população nas consultas sobre a adequação de suas intervenções no espaço urbano (MOURA, 2014, p.13).

Santos (1992) afirma que, apenas por meio da relação entre as coisas é, de fato, possível conhecê-las. Logo, é imprescindível conhecer o espaço em suas perspectivas físicas e sociais. A leitura do cenário histórico do objeto de estudo e seu processo de produção possibilitam compreender as vias de transformação do espaço em uma escala local (SANTOS, 1992), visando conhecer as dinâmicas estabelecidas entre os sistemas naturais e antrópicos, mediados pelos componentes e vetores de transformação.

A abordagem foi definida na tarefa de produção de mapas descritivos de representação ao objeto, dentro de dois cenários, da paisagem física e da paisagem antrópica, unidas em uma sistematização planimétrica, sobre a atuação relações materiais e socioeconômicas. Por isso, a pesquisa foi dividida em sete etapas principais: a) descrição do contexto geral; b) apresentação do cenário espacial acerca dos bairros afetados; c) análise de pluviosidade; d) sistematização do levantamento de dados 2013 e 2020; e) análises complementares; f) coeficiente de escoamento; e g) análises espaciais de relação entre cobertura do solo e bairros afetados (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma da metodologia aplicada



Fonte: Elaborado pela autora (2022).

Em suma, por meio de uma sistematização dos dados levantados na Defesa Civil Municipal de Colatina, foram expostos, de forma isolada, os cenários das ocorrências nos anos de 2013 e 2022 em cada bairro. Foram analisadas as notificações de desastres hidrológicos e desastres geológicos, por tipo de evento, nos anos de 2013 e 2020. A justificativa do recorte temporal será aprofundada no item 3.4.

Comparou-se, inicialmente, a quantidade de cada tipo de evento, em cada ano. Na sequência, fez-se o inverso, confrontando-se os cenários dos anos de 2013 e 2020, analisando-se a quantidade de notificações de evento em cada um, averiguando-se em qual ano ocorreram mais eventos hidrológicos e geológicos.

Foram produzidos, ainda, mapas complementares, utilizando dados censitários (IBGE, 2010), como a renda média, porcentagem de domicílios com arborização no entorno por bairro, porcentagem de domicílios com presença de lixo no entorno por bairro e porcentagem de domicílios com bueiros e bocas de lobo no entorno por bairro, com o intuito de verificar possíveis relações com as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas.

Caso fosse constatado aumento no número de notificações totais de eventos, ao longo dos anos, que pudesse ser associado ao desenvolvimento urbano neste período – sobretudo pelas alterações de cobertura do solo e aumento da pavimentação – propôs-se a aplicação do cálculo do coeficiente de escoamento. Esta equação foi utilizada a fim de se este fator influenciou, em algum aspecto, na evolução do cenário.

Para corroborar e fortalecer os resultados previamente encontrados, buscou-se compreender a relação entre o uso e cobertura do solo do bairro em relação às ocorrências de desastres, investigando ainda, as variáveis em comum entre o grupo de bairros afetados e aquele não afetados. A seguir, cada etapa metodológica principal da pesquisa foi sintetizada para maior detalhamento.

3.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO GERAL

Para compreender o cenário das discussões e análises desenvolvidas na dissertação, foi estudada a realidade das ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas da cidade de Colatina, Espírito Santo. O intuito foi caracterizar a cidade, como objeto de estudo, além de expor o contexto das ocorrências.

Realizou-se, inicialmente – e concomitantemente ao desenvolvimento de todas as etapas da pesquisa –, a revisão bibliográfica para a fundamentação teórica acerca dos temas “desastres naturais” e “águas urbanas”, que incluiu busca sistematizada pelas palavras-chave: desastres naturais; águas urbanas; uso e ocupação do solo; e, urbanização.

Neste levantamento bibliográfico, as palavras-chave foram associadas, a exemplo da busca conjunta de ‘desastres naturais’ e ‘águas urbanas’. Foram consultados artigos, teses, livros, periódicos científicos, documentos/relatórios técnicos e sites oficiais com a finalidade de estruturar conhecimento teórico e conceitual da temática de estudo.

Buscou-se a compreensão dos desastres naturais e conflitos estabelecidos entre sua ocorrência e as águas urbanas, sendo utilizadas, como principais referências, as obras seguintes: Amaral e Ribeiro (2009), Andrade et al. (2016), Artunduaga e Ríos (2017), Chmutina, Von Meding e Boshier (2019), Driessen et al. (2018), Londe et al. (2014), Ministério das Cidades e IPT (2007), Puttick, Boshier e Chmutina (2018), Seraphim (2018), Seraphim e Bezerra (2019), Tucci (2005, 2007, 2008, 2010, 2016), Tominaga (2009) e Xu et al. (2021). As revisões ocorreram por todo período de desenvolvimento da dissertação, possibilitando o aprofundamento teórico e metodológico da pesquisa.

Visou-se levantar informações espaciais e elencar fatores influentes sobre os desastres naturais, aplicando o geoprocessamento. Buscando a aproximação entre o modelo de estudo e a realidade, utilizou-se a produção dos mapas temáticos que compuseram os planos de informação, com base em arquivos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Colatina (PMC), pelo Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES), pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), pela CPRM Serviços Geológicos, pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), cruzando dados por meio do ArcGIS.

A produção foi iniciada pelo mapeamento da caracterização espacial, diante de representações morfológicas e temporais-estruturais (MARSON, 2016). A primeira visa evidenciar as relações entre ocupação antropogênica e ambiente natural. À segunda representação, acrescentou-se a variável tempo, possibilitando realizar uma leitura acerca das permanências e a transformação do espaço ao longo do tempo e compreender as questões críticas da atual organização territorial.

Este levantamento incluiu a pesquisa de relatórios e informativos de desastres naturais ocorridos no objeto de estudo, além de dados de diversos aspectos do território como modelo digital de terreno da área urbanizada do município, unidades hidrográficas, geologia, classe dos solos, compartimentação geomorfológica, vegetação, cobertura do solo, uso e ocupação do solo, evolução da área urbanizada, evolução do perímetro urbano, densidade urbana, entre outros. Em paralelo, demonstrando o cenário das águas urbanas em Colatina, foram elaborados mapas acerca da configuração hidrográfica do município.

Além disso, foi realizada uma entrevista com o coordenador da Defesa Civil de Colatina, a fim de compreender a estrutura e o funcionamento da unidade. Também foram utilizadas fotos, mapas e gráficos relacionados às cheias do rio Doce. Ainda junto à Defesa Civil, realizou-se uma busca sobre: sistemas de monitoramento e alerta implantados; mapeamentos de áreas de risco realizados; registros de ocorrências de desastres naturais documentadas pelo município resultando em produção de mapas temáticos. Após a relação de informações pertinentes ao objeto de estudo, efetuou-se a preparação dos dados para o georreferenciamento e cruzamento em ferramenta geoinformacional.

3.2 APRESENTAÇÃO ESPACIAL DOS DESASTRES

De maneira a introduzir o assunto, realizou-se a apresentação do cenário espacial acerca dos bairros afetados, por meio da produção de mapas, de modo a possibilitar a visualização e identificação dos bairros de Colatina, sua localização – se contíguos ou não – e, respectivamente, de que maneira foram afetados, indicando-se o tipo de desastre, se hidrológico e/ou geológico.

3.3 PLUVIOSIDADE

Com dados extraídos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022), foram elaborados gráficos de comparação entre pluviosidade média e tempo (anual e mensal), possibilitando a compreensão da relação entre a pluviosidade e a ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina nos anos de 2013 e 2020.

3.4 SISTEMATIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE DADOS 2013 E 2020

Utilizando os mapeamentos das áreas de risco, realizados em 2012 pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 2014 pela empresa Pangea – Geologia e Estudos Ambientais Ltda, contratado pela Prefeitura Municipal de Colatina, e em 2019 pela CPRM, foram identificadas e mapeadas as áreas de risco vulneráveis aos desastres hidrológicos e geológicos. Realizou-se uma pesquisa documental acerca dos anos 2013 e 2020.

Esses dois períodos foram selecionados devido ao fato de que em 2013 ocorreu o último desastre natural de grande magnitude do município – hidrológicos e geológicos,

associados a um grande acumulado de precipitações. Já o ano de 2020 foi escolhido como o mais recente com ocorrências de desastres naturais impactantes, com a finalidade de proporcionar a realização de uma comparação.

Por meio do levantamento documental realizado na Defesa Civil de Colatina, as informações coletadas foram sintetizadas primeiramente em formato de planilhas, a fim organizar os dados, verificando as compatibilidades e diferenças entre data e local da ocorrência, a incidência ou não de chuva, se o local pertencia às áreas de rios e se houve alteração no uso do solo. Posteriormente, essas informações foram georreferenciadas e foram elaborados os mapas temáticos, indicando os locais onde ocorreram os desastres hidrológicos e geológicos de 2013 e 2020.

3.5 MAPAS COMPLEMENTARES – ANÁLISE DO PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS AFETADOS

A partir dos mapas complementares, foi realizada uma leitura processual para a identificação dos fatores influentes sobre os desastres naturais relacionados às águas urbanas. Averiguou-se, também, as transformações espaço-temporais por meio da utilização de mapas. Foram elaborados mapas complementares, de análise do perfil socioeconômico dos afetados, com indicadores censitários, como a renda média, porcentagem de pessoas pretas ou pardas por bairro, porcentagem de domicílios com arborização no entorno por bairro, porcentagem de domicílios com presença de lixo no entorno por bairro e porcentagem de domicílios com bueiros e bocas-de-lobo no entorno por bairro.

Ainda, foi realizada as análises das hipóteses propostas ao longo da pesquisa. O objetivo foi compreender as relações entre áreas atingidas e o perfil socioeconômico dos afetados.

3.6 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

Nesta etapa, foi realizado o cálculo do índice de escoamento superficial nos anos 2010 e 2020, relacionando as áreas livres dos bairros com as áreas já urbanizadas, a fim de verificar se houve modificações no cenário espaço-temporal em relação às ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas. O escoamento superficial é o segmento do ciclo hidrológico que estuda o movimento das águas na superfície da terra (TUCCI, 2007).

A porção da chuva total que se transforma em escoamento superficial, representa o coeficiente de escoamento superficial, que é adimensional. O coeficiente de escoamento superficial é resultado de uma série de variáveis, como a ocupação da bacia, o tipo de solo, a umidade do solo, a intensidade da chuva e a geomorfologia.

Neste trabalho, o objetivo da utilização deste cálculo foi verificar se houve alteração no coeficiente de escoamento nos locais onde houve ocorrência de desastres naturais relacionados as águas urbanas do ano de 2010 a 2020. Conforme a interpretação do peso dos fatores que interferem no coeficiente de escoamento, existem diversas formas de cálculo (WILKEN,1978; ARNELL,1989; ASCE,1969; WILLIANS,1949 apud TUCCI et al.,1995); para citar alguns. Considerou-se, neste trabalho apenas duas relações entre tipo de superfície e classificações: permeável para solo natural e impermeável para a área urbanizada.

De acordo com Tucci (2000), uma bacia que possui superfícies variáveis pode estimar o coeficiente de escoamento (C) por meio da ponderação do coeficiente de diferentes superfícies. Quando houver uma bacia urbana com dois tipos de superfície: permeável e impermeável é possível estabelecer que (Equação 1):

$$C = \frac{C_p A_p + C_i A_i}{A_p + A_i} \quad (1)$$

Onde:

- C_p = coeficiente de escoamento de área permeável da bacia;
- A_p = área da bacia com superfície permeável;
- C_i = coeficiente de escoamento de uma área impermeável; e
- A_i = parcela da bacia com área impermeável.

Portanto o coeficiente de escoamento tem relação direta com a taxa de áreas impermeáveis, onde os coeficientes refletem os valores das áreas permeáveis e impermeáveis.

3.7 ANÁLISES ESPACIAIS: COBERTURA DO SOLO E BAIRROS AFETADOS

Por meio da junção de informações espaciais de períodos diferentes, foram obtidos cruzamentos de rodovias, rios, áreas urbanizadas, regiões agrícolas, áreas de

reflorestamento, áreas de pastos, perímetro urbano, além de outros indicadores do setor censitário e, com a posse destas, analisa-se a transformação desses dados sob processos como expansão urbana, desmatamento, impermeabilização, escoamento, entre outros.

Para investigação das alterações do espaço, provocadas ao longo dos anos, foram consideradas as classes de cobertura do solo para análise e de que maneira elas convergem para produção dos desastres. A essas informações, foi sobreposto o mapeamento dos registros de desastres naturais relacionados às águas urbanas de 2013 e 2020, tendo, como um produto, a concepção de gráficos que relacionam as transformações e as ocorrências identificadas, além da exposição das considerações gerais.

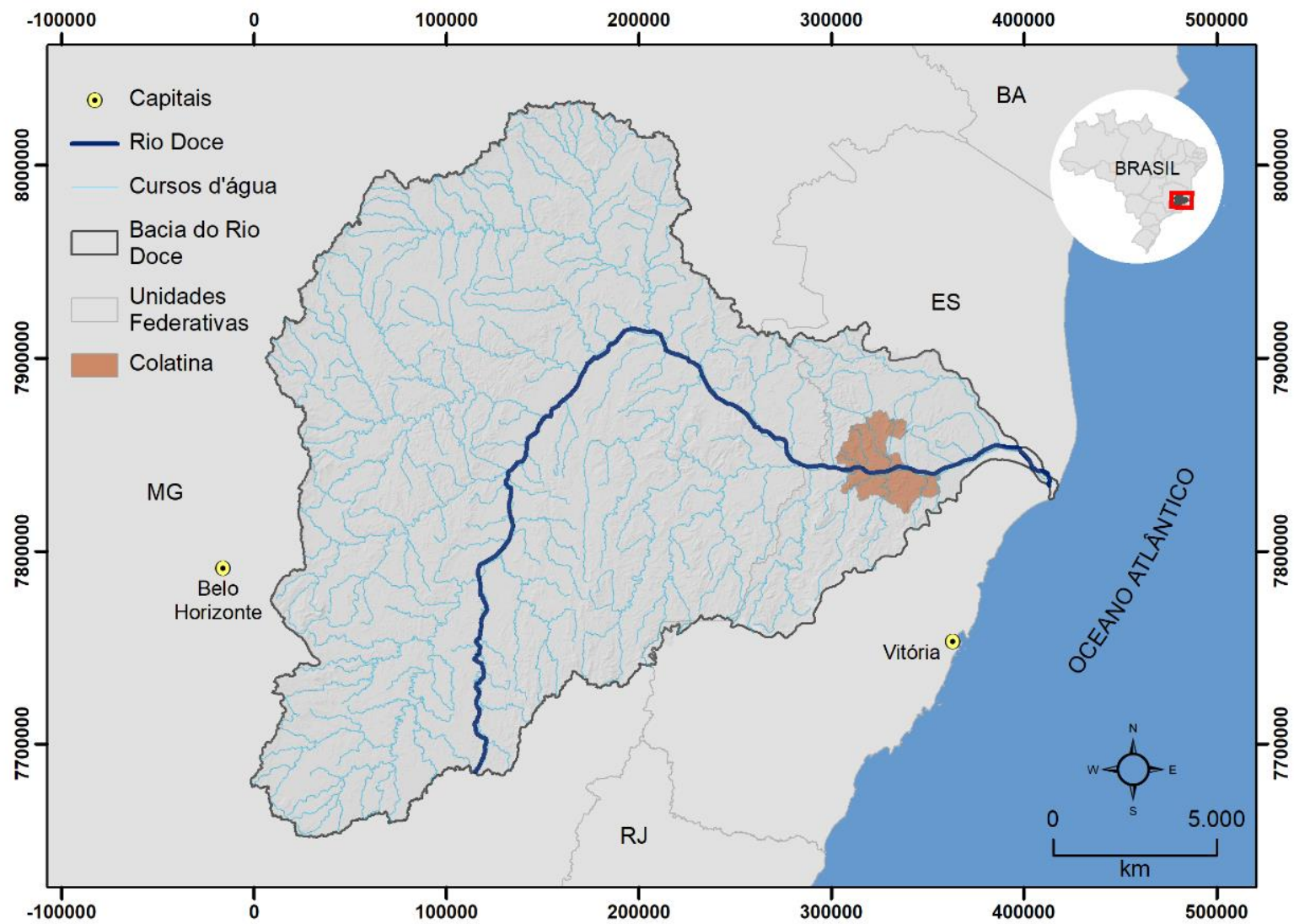
4 CARACTERIZAÇÃO DE COLATINA ACERCA DOS ASPECTOS RELACIONADOS AOS DESASTRES

O objeto deste estudo é o município de Colatina onde, ao longo das últimas décadas, ocorreram diversos eventos de desastres naturais relacionados às águas urbanas. Este capítulo visou apresentar as características do território, sua forma ocupação e uso do solo e suas águas urbanas, além de expor as últimas ocorrências de desastres históricos e como a defesa civil do de Colatina coordena tais eventos.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO RECORTE TERRITORIAL

Colatina se localiza, política e administrativamente, na microrregião Centro-Oeste do Estado do Espírito Santo (IJSN, 2022) e, ambientalmente, no vale do rio Doce, que atravessa a cidade, como mostra o Mapa 1. A população estimada é de 123.400 habitantes e conta com uma área municipal de 1.398,219 km² (IBGE, 2021). A altitude média é de 71 metros e a temperatura média anual, de 24,1 °C (CPRM, 2016).

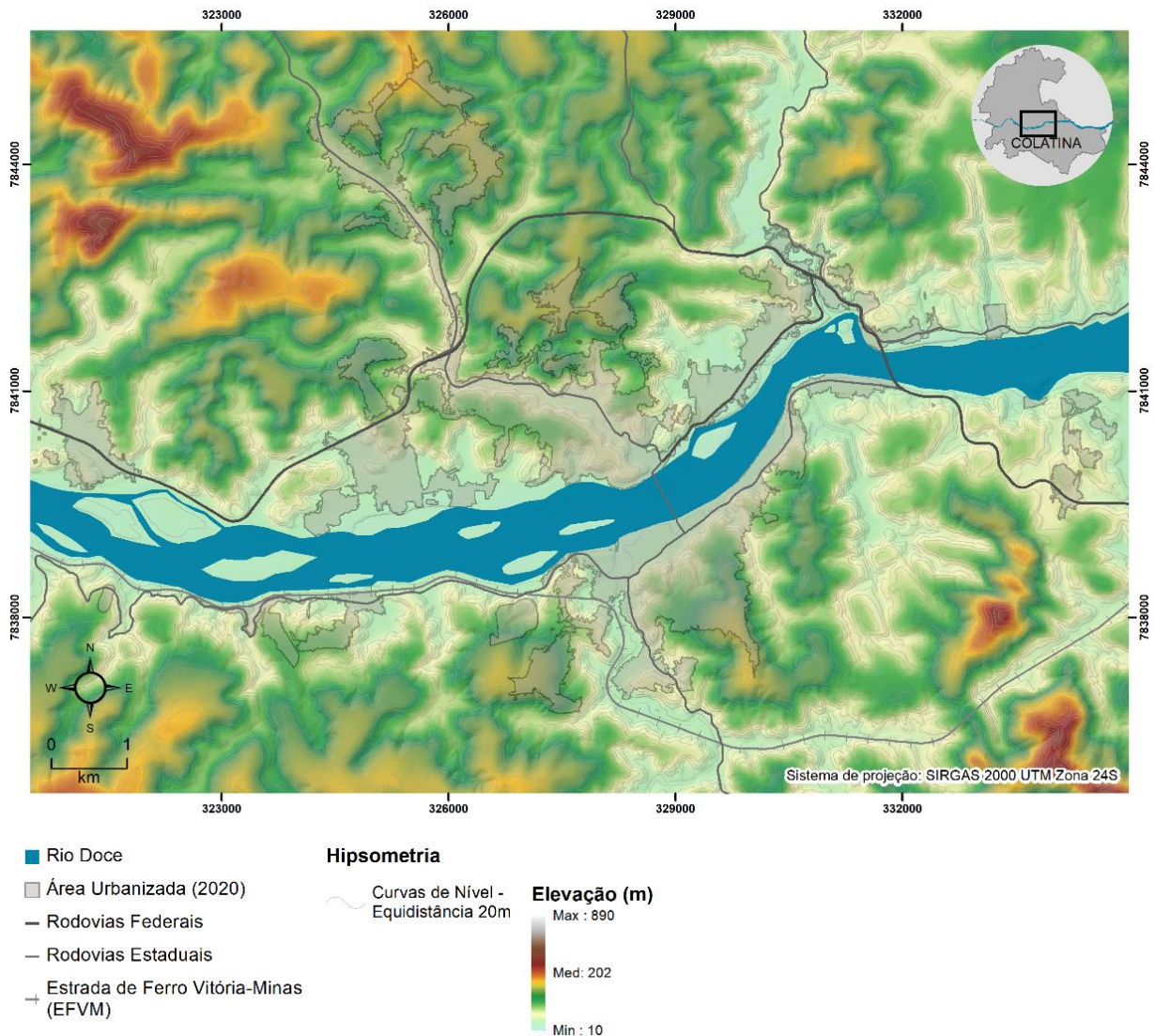
Mapa 1 – Localização e representação do vale do rio Doce em Colatina



Fonte: IJSN, 2012. Mapa elaborado pela autora, 2022.

Desde o início da formação da cidade, o crescimento urbano de Colatina segue a infraestrutura viária, o que contribuiu para um modelo de expansão disperso (Mapa 2). O eixo inicial de ocupação da cidade ocorreu na planície e, posteriormente, nas cotas mais elevadas do município.

Mapa 2 – Modelo digital de terreno da área urbanizada do município



Fonte: PMC e GEOBASES, 2022. Mapa elaborado pela autora, 2022.

No Mapa 2, também é possível visualizar que, no interior da área de estudo, a altitude mínima é de 10 metros, enquanto a altitude máxima é de 890 metros. Observa-se, portanto, uma amplitude altimétrica que influencia na declividade da região.

4.1.1 Clima

A cidade se caracteriza por temperaturas altas, que variam entre 30,7 °C e 34°C, com umidade elevada e longos períodos quentes e úmidos (FEITOSA et al., 2001). A pluviosidade média anual é de 1200 milímetros, com maior ocorrência de chuvas de outubro a março (CPRM, 2016).

A Tabela 1 apresenta as médias os dados coletados (Temperatura mínima (°C), Temperatura máxima (°C), Chuva (mm), Umidade (%), Dias chuvosos (d)) do ano 1991 até 2021, além de apresentar os dados de horas de sol do ano 1999 a 2019.

Tabela 1 – Dados climatológicos para Colatina

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novem- bro	Dezem- bro
Temperatura média (°C)	25.6	25.9	25.6	24.5	22.6	21.6	21	21.5	22.7	23.9	24.2	25.1
Temperatura mínima (°C)	22.3	22.5	22.5	21.3	19.2	18.1	17.4	17.7	18.8	20.3	21.1	22
Temperatura máxima (°C)	30	30.5	30.1	28.7	27	26	25.6	26.4	27.9	29.1	28.4	29.3
Chuva (mm)	116	75	101	53	25	16	16	17	26	70	161	177
Umidade(%)	77%	76%	78%	78%	75%	76%	75%	72%	69%	70%	76%	78%
Dias chuvosos (d)	10	9	11	7	4	3	3	4	4	7	11	12
Horas de sol (h)	7.5	7.9	7.3	6.7	5.9	5.4	5.4	5.5	5.4	5.8	6.0	6.8

Fonte: Climate-data, 2022 (<https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/espirito-santo/colatina/4476/#temperature-graph>).

Analisando os dados de chuva, ao comparar o mês mais seco e o mês mais chuvoso, constata-se uma diferença de precipitação de 161 mm. As temperaturas médias variam 4.9 °C ao longo do ano.

4.1.2 Geomorfologia

O modelo de relevo, a densidade de drenagem, a hipsometria, o grau declividade, além de outros fatores geomorfológicos, impactam nas condições gerais de circulação d'água, pois ordenam os padrões de sistemas de fluxo locais, intermediários ou regionais de água subterrânea. Ainda, as características do relevo são imprescindíveis para as condições de recarga dos sistemas aquíferos e descarga dos rios (ADASA, 2015).

Conforme a CPRM (2012), Colatina pertence a Faixa Colatina, um importante sistema de falhas geológicas, de direção NW/SE que imprime grande influência estrutural na produção do relevo regional de perfil ondulado, representado por morros de vertentes declivosas (em grande parte superior a 45°). De acordo com IJSN (2012), Colatina possui três feições geomorfológicas: a Faixa de Dobramentos Remobilizados, os Planaltos da Mantiqueira Setentrional e os Patamares Escalonados do sul capixaba. Estas feições são caracterizadas, conforme CPRM (2014), da seguinte forma:

A Faixa de Dobramentos Remobilizados é a Morfoestrutura de maior abrangência no município de Colatina, a mesma comporta faixas que se caracterizam pela presença de evidências de movimentação crustal, como falhas, deslocamentos de blocos e falhamentos inversos, o que impõe controle estrutural a sua morfologia atual. Observam-se ainda, em menor área, as morfoestruturas de Depósitos Sedimentares e de Maciços Plutônicos.

Os Planaltos da Mantiqueira Setentrional compõem a região geomorfológica de maior área no município, esse tipo de formação de planalto possui aspecto montanhoso fortemente dissecado, com variação altimétrica geralmente associada à ação de rios adaptados às fraquezas litológicas e estruturais. Observam-se ainda, em menor proporção de área, as regiões geomorfológicas de Piemontes Inumados e de Planaltos Soerguidos.

O município apresenta como principal unidade geomorfológica a unidade de Patamares Escalonados do Sul Capixaba, a mesma ressalta níveis de dissecação escalonados formando patamares, delimitados por frentes escarpadas encaixadas a falhas NW com mergulho para SE, sugerindo blocos basculados por impulsos epigenéticos associados a ciclos geotectônicos. Ainda é possível observar a presença das unidades geomorfológicas de Tabuleiros Costeiros e Bloco Montanhoso Central.

Na unidade geomorfológica dos Patamares Escalonados do Sul Capixaba, a principal característica ambiental é o predomínio de feições aguçadas, escarpas adaptadas a falhas, além de morros e outeiros com encostas convexas-côncavas com média e forte intensidade. O relevo da região favorece a instabilidade do solo em áreas com declividade acentuada, variando de média (11° a 24°) a forte (24° a 37°)" (CPRM, 2014, p.3).

Campos (2011), ao analisar a geomorfologia do Distrito Federal, firmou propostas de compartimentação levando em consideração o padrão de relevo, a declividade, o grau de dissecação e a densidade de drenagem. Sendo assim, sugere os seguintes parâmetros (Quadro 4).

Quadro 4 – Parâmetros dos Compartimentos Geomorfológicos

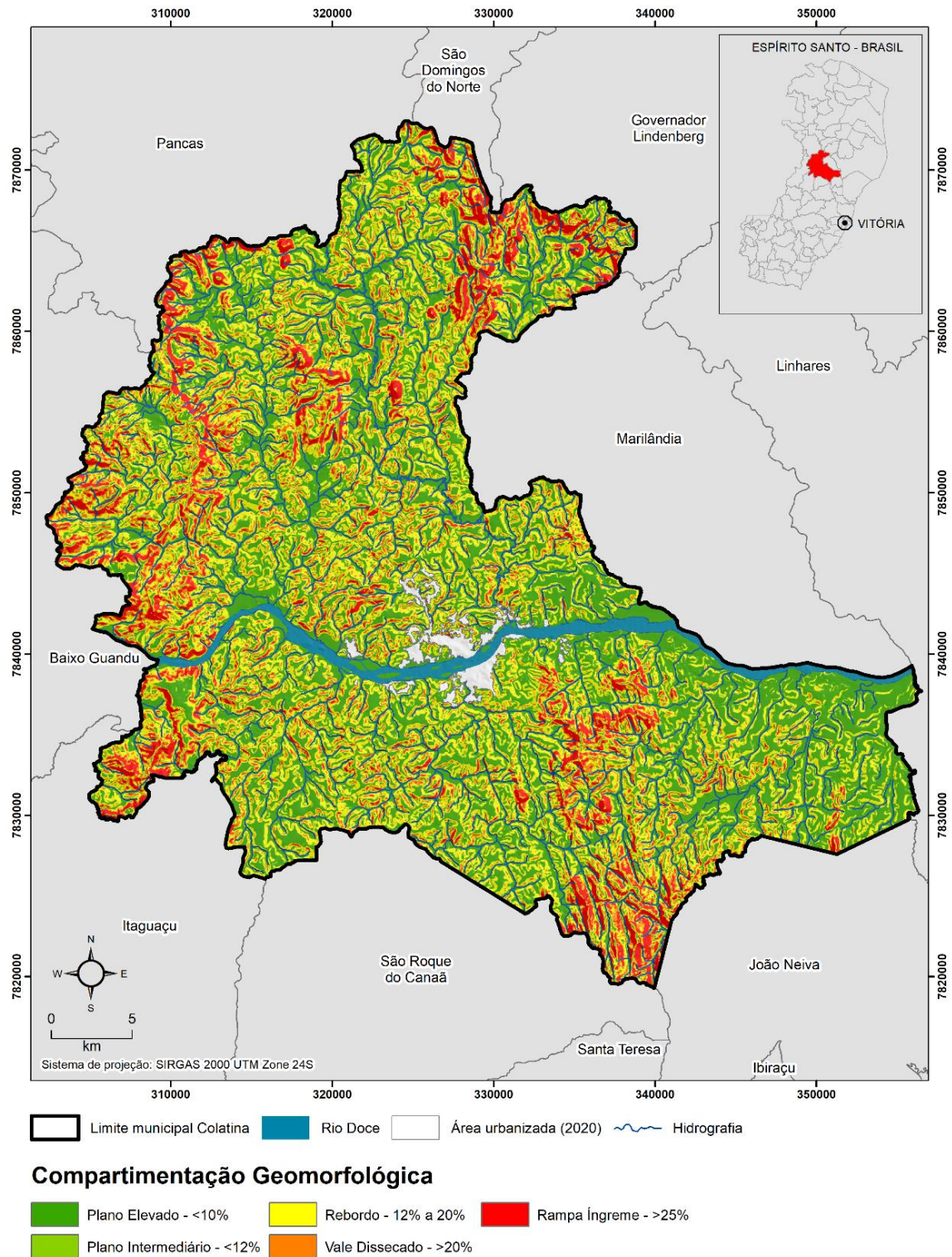
COMPARTIMENTOS GEOMORFOLÓGICOS	PADRÃO DE RELEVO	DECLIVIDADES	COTAS	RECARGA NATURAL
Plano Elevado	Plano a suave ondulado	< 10%	> 1.100m	Importantes área
Plano Intermediário	Plano a suave ondulado	< 12%	950m - 1.050m	Importantes áreas
Vale Dissecado	Ondulado a forte ondulado	> 20%	< 800m	Elevada densidade de drenagem/ não há infiltração efetiva
Rebordo	Ondulado	10% - 20%	950 - 1.100m	Moderada densidade de drenagem/ recarga reduzida
Rampa Íngreme	Forte ondulado a escarpado	> 25%	800m - 1.100m	Alta densidade de drenagem/ alta perda de água por escoamento superficial / recarga reduzida

Fonte: CAMPOS, 2011.

Nota: Quadro organizado pela autora, 2022.

O Mapa 3 representa a compartimentação morfológica do município. Observa-se que, em todo território, ocorrem variações de declividades, inclusive na área urbanizada. De forma geral, o município apresenta um relevo fortemente ondulado.

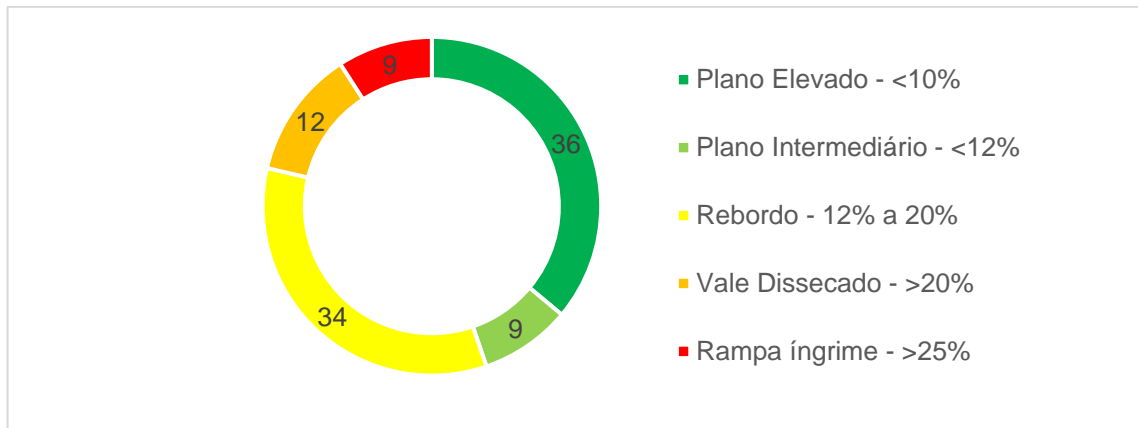
Mapa 3 – Compartimentação Geomorfológica



Fonte: Campos, 2011 e CPRM, 2015. Mapa elaborado pela autora, 2022.

O declive acidentado é expressivo no território municipal, como mostrado o Gráfico 1, que contém as porcentagens de cada área, conforme a classificação de Campos (2011).

Gráfico 1 – Área (%) de cada classe da Compartimentação Geomorfológica



Fonte: Campos (2011) e Geobases (2022). Gráfico elaborado pela autora, 2022.

4.1.3 Cobertura do solo Colatina

As alterações dos padrões de cobertura do solo urbano, são consideradas as principais responsáveis por modificar diversas funções do ciclo hidrológico natural, como a de recarga, a evapotranspiração e o escoamento superficial (TANG et al., 2005). Além disso, frequentemente, junto à urbanização ocorre o aumento da impermeabilização do solo e a redução de cobertura vegetal, o que influencia diretamente na quantidade de água infiltrada (MARSALEK et al., 2013).

As áreas urbanas e áreas naturais, apresentam grandes variações em relação ao balanço hídrico, devido a fração de água que infiltra no solo após a precipitação, podendo variar de 50%, em ambientes naturais, para 30 a 15%, conforme o tipo de ocupação do solo urbano (MOTA, 1981; HOUGH, 1984). Apesar de as referências serem antigas (1981 e 1984), ainda são mencionadas por Tucci (2005), Seraphim (2018) e Seraphim e Bezerra (2019). Neste sentido, existem fatores principais que influenciam diretamente na taxa máxima possível de entrada da água pelo solo. Conforme Seraphim (2018), a infiltração natural é significativamente reduzida nas áreas urbanas devido: a) o selamento por superfícies impermeáveis; b) a compactação; e c) a redução da cobertura vegetal arbórea.

Para equilibrar a dinâmica desse ciclo, a cobertura vegetal é considerada uma conservadora dos padrões naturais de infiltração e escoamento, uma vez que proporciona o aumento da permeabilidade do solo, por intermédio da estrutura de suas raízes, utiliza parte da água precipitada, fundamental para o seu metabolismo, e

eleva a capacidade de armazenamento da água pela rugosidade que gera no solo (MACHADO; PACHECO, 2010).

De acordo com o Incaper (2020), a vegetação florestal de Colatina é caracterizada pertencente ao bioma Mata Atlântica, sendo que as formações florestais observadas estão classificadas como Floresta Umbrófila Densa e Floresta Estacional Semi-Decidual. Conforme se avança para o Oeste, ocorre uma intercalação entre estas formações.

No entanto, em Colatina, a intensa extração e comercialização da madeira durante a primeira metade do século XIX, impulsionada pela inserção da estrada de ferro, deu início ao movimento de extinção da mata nativa (STRAUCH, 1955). Conforme Albani (2012), também colaboraram para esse movimento a criação de gado e a inadequada utilização de técnicas de manejo agrícola, principalmente para plantio do café. Estas atividades, em um período de 40 anos, alteraram a paisagem antes composta, em sua maior parte, por vegetação (SIMÕES, 2016).

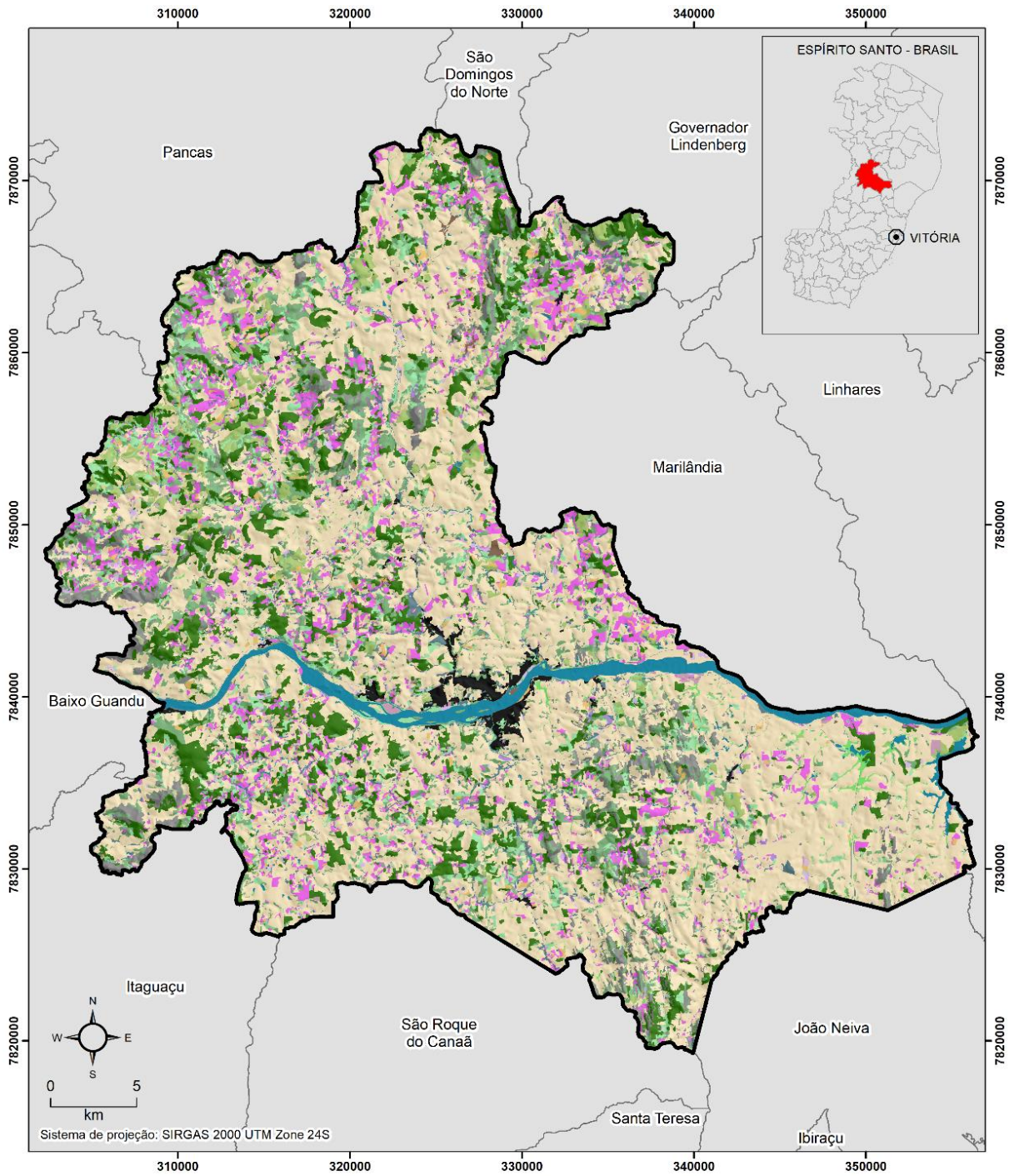
A drástica redução da vegetação nativa, conseqüentemente, afetou a qualidade e a quantidade de matas ciliares presentes atualmente na cidade, o que gerou impactos negativos nos sistemas fluviais urbanos (CROCE, 2020). Soma-se a isso, a ocorrência de algumas obras de aterro, retificação e canalização fluvial durante o processo de ocupação da área urbana, que, combinadas ao processo erosivo das encostas, influenciaram no aumento da velocidade do fluxo dos rios, bem como na produção de bancos de areia (SIMÕES, 2016).

Estes processos resultaram, em última instância, em uma ocupação urbana de baixa qualidade às margens dos principais rios de Colatina, sobretudo do rio Doce (CROCE, 2020; 2021). Para ilustrar a resultante desses processos, sob a forma do uso e cobertura do solo em território municipal, foram elaborados dois mapas, por meio dos dados produzidos pelo Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

O primeiro mapa (

) corresponde ao ano de 2008 e o segundo (Mapa 5), representa o ano de 2015. Sendo assim, é possível comparar a evolução do cenário nesse período de 7 anos.

Mapa 4 – Uso e Cobertura do Solo em 2008



Limite municipal Colatina
 Rio Doce

Classe de uso e cobertura do solo (2008)

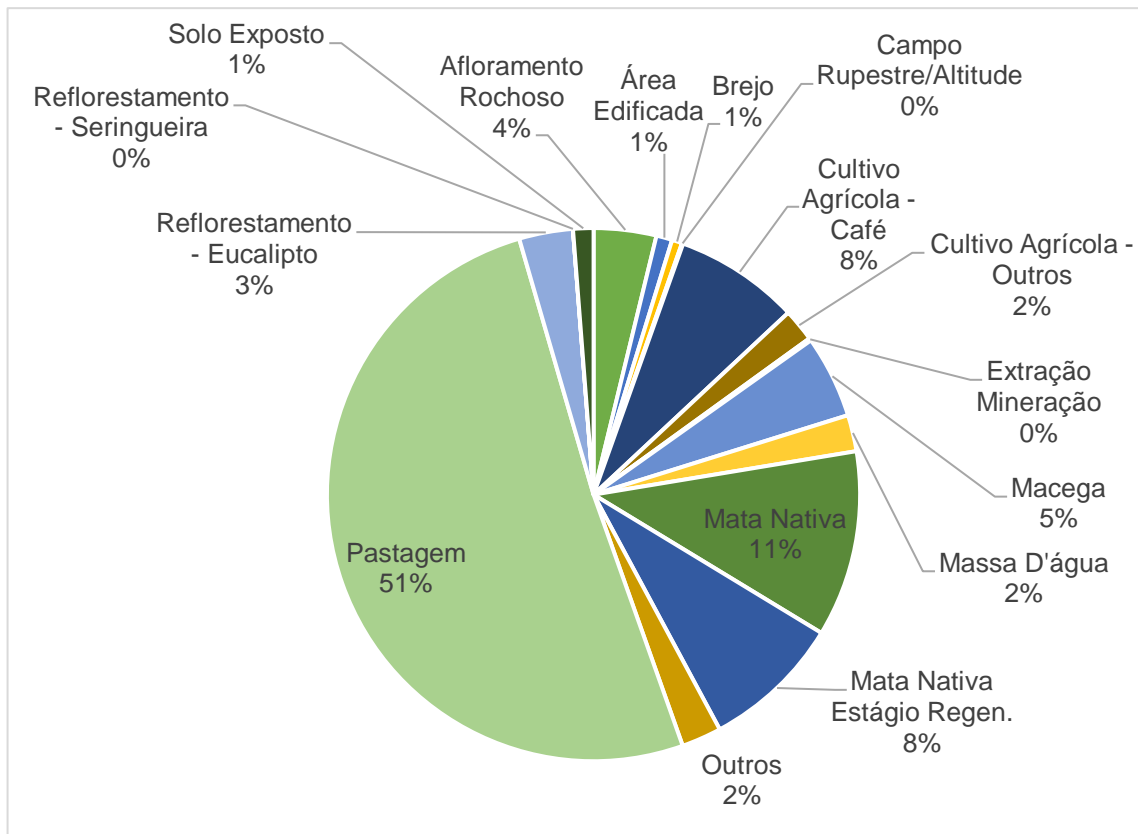
- | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Afloramento Rochoso Brejo Campo Rupestre/Altitude Cultivo Agrícola - Abacaxi Cultivo Agrícola - Banana Cultivo Agrícola - Café Cultivo Agrícola - Cana-De-Açúcar Cultivo Agrícola - Coco-Da-Baía | <ul style="list-style-type: none"> Cultivo Agrícola - Mamão Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários Extração Mineração Macega Massa D'Água Mata Nativa Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração | <ul style="list-style-type: none"> Outros Pastagem Reflorestamento - Eucalipto Reflorestamento - Seringueira Solo Exposto Área Edificada |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Fonte: IEMA, 2007 e 2008. Mapa elaborado pela autora, 2022.

Com a finalidade de sintetizar e possibilitar a leitura e análise dos dados representados no mapa, foi produzido o Gráfico1, que permite visualizar, de forma mais objetiva, as classes de uso e cobertura do solo com maiores predominâncias em 2008. Sendo assim, percebe-se que a área de pastagem corresponde a 51% da área do município, seguida pela mata nativa, que ocupa 11% desse território.

Com relação a esta última, apesar de ocupar o segundo lugar em termos de área, nota-se a expressiva ausência deste tipo de vegetação no entorno e no interior da mancha urbana. Logo após, ocupando área equivalente a 8% do município, estão a Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração e Cultivo Agrícola – Café. Os demais usos e percentuais encontram-se no Gráfico 2.

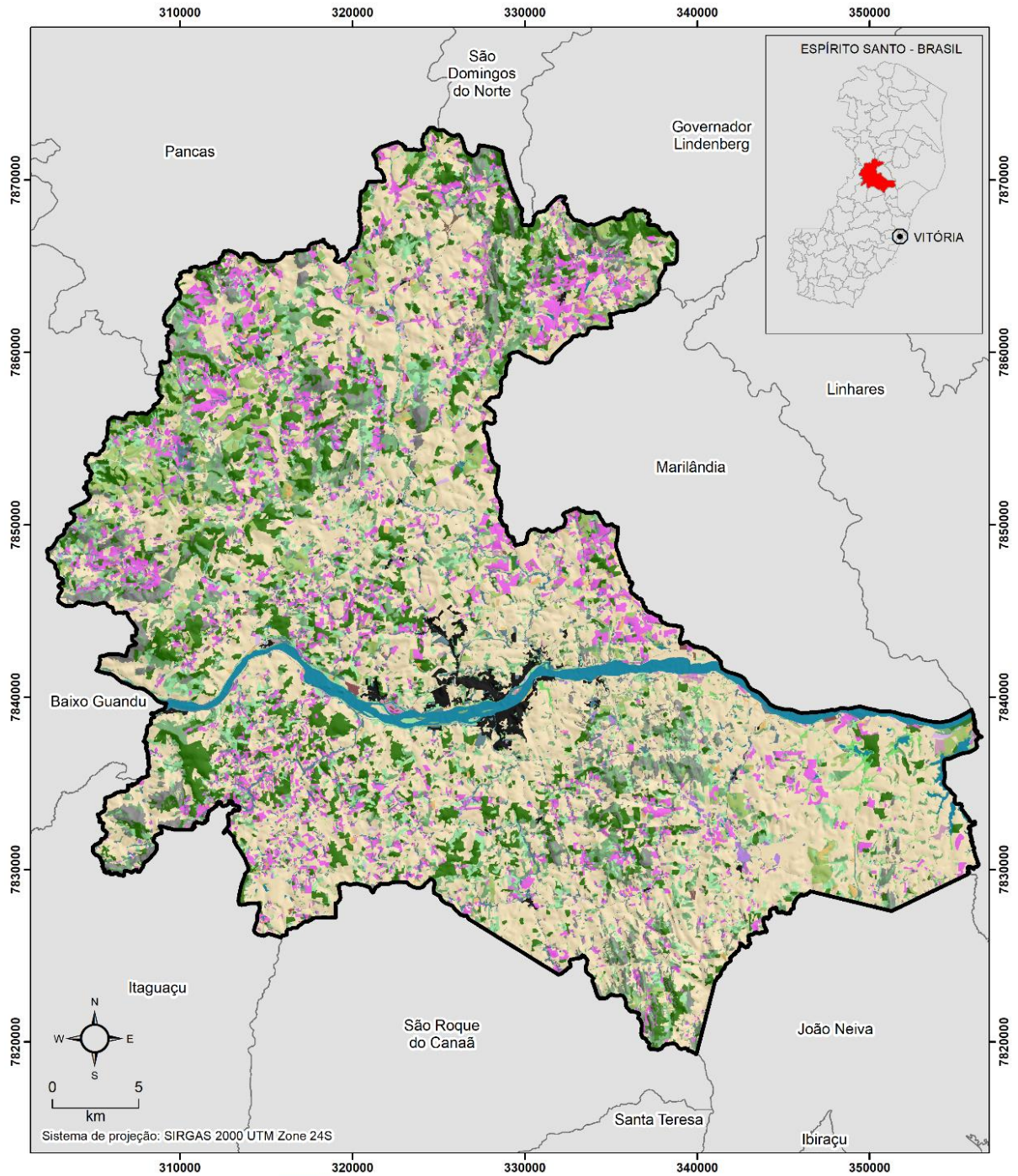
Gráfico 2 – Uso e Cobertura do Solo 2008



Fonte: IEMA, 2007;2008. Gráfico elaborado pela autora, 2022.

O Mapa 5 mostra o mapa de Uso e Cobertura do Solo em 2015, tornando possível avaliar a transformação do cenário em um intervalo de sete anos.

Mapa 5 – Uso e Cobertura do Solo 2012 - 2015



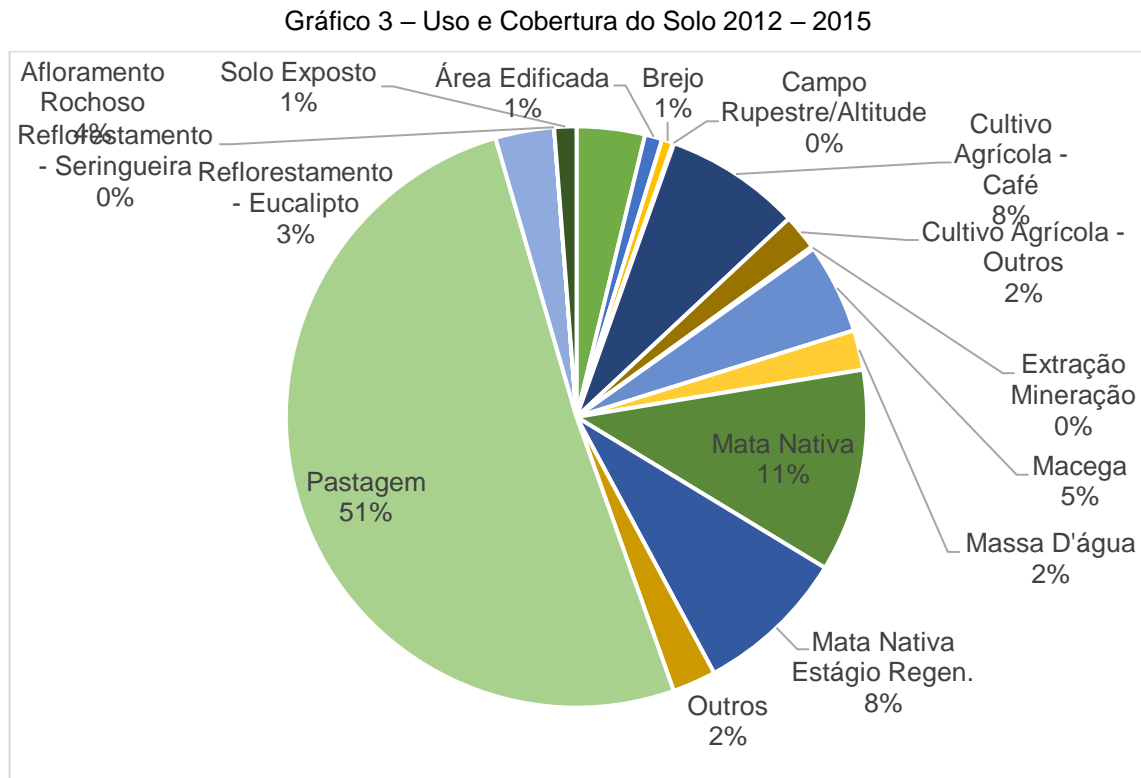
Limite municipal Colatina Rio Doce

Classe de uso e cobertura do solo (2012-2015)

- | | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|
| ■ Afloramento Rochoso | ■ Cultivo Agrícola - Mamão | ■ Outros |
| ■ Brejo | ■ Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes | ■ Pastagem |
| ■ Campo Rupestre/Altitude | ■ Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários | ■ Reflorestamento - Eucalipto |
| ■ Cultivo Agrícola - Abacaxi | ■ Extração Mineração | ■ Reflorestamento - Seringueira |
| ■ Cultivo Agrícola - Banana | ■ Macega | ■ Solo Exposto |
| ■ Cultivo Agrícola - Café | ■ Massa D'Água | ■ Área Edificada |
| ■ Cultivo Agrícola - Cana-De-Açúcar | ■ Mata Nativa | |
| ■ Cultivo Agrícola - Coco-Da-Baía | ■ Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração | |

Fonte: IEMA, 2012-2015. Mapa elaborado pela autora, 2022.

Percebe-se, no Gráfico 3, que, ainda em 2015, a classe de pastagem continua sendo predominante no território municipal, com 47%, apesar de se notar um relativo decréscimo para com o período anterior. em segundo lugar permanece o uso mata nativa, com 11%, seguido pelas classes mata nativa em estágio inicial de regeneração e cultivo agrícola – café, com 9% e 8%, respectivamente. as demais classes encontraram-se no gráfico abaixo.



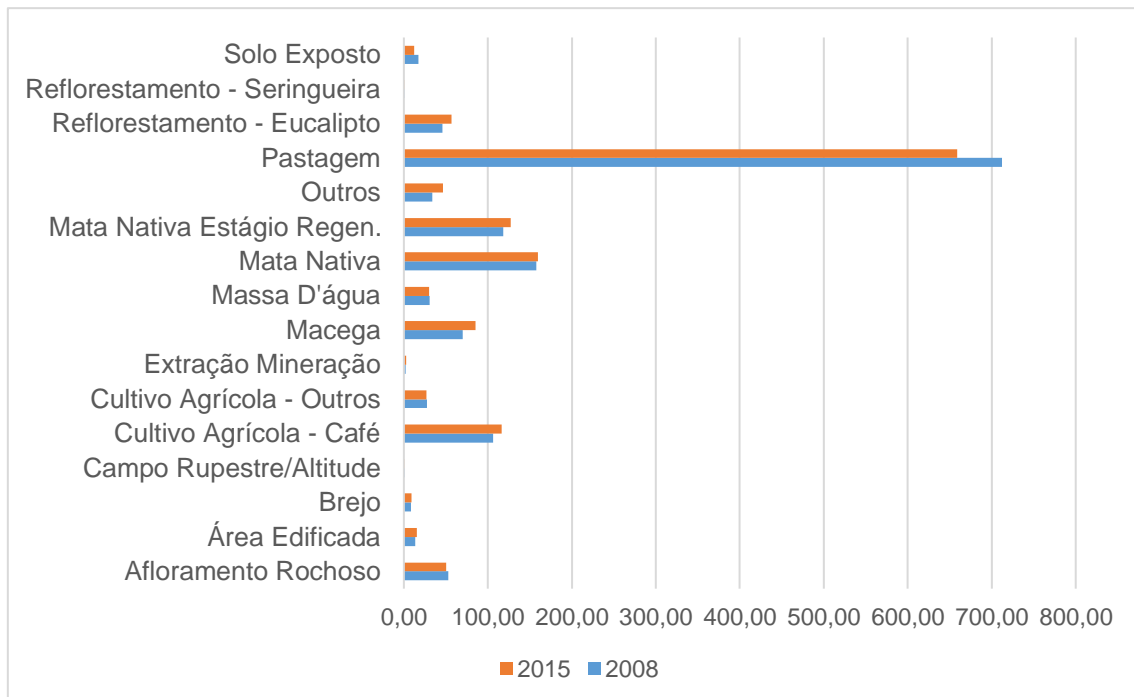
Fonte: IEMA, 2012-2015. Gráfico elaborado pela autora, 2022.

De acordo com o Atlas Geoquímico do Estado do Espírito Santo (2018), na microrregião Centro-Oeste do estado, onde se localiza Colatina, a degradação do solo nas áreas agrícolas se concentra nas práticas de pastagens e de café, em razão da vulnerabilidade dos solos, alta erosividade das chuvas, além da pequena cobertura vegetal. Acerca das áreas de pastagens, a degradação do solo acontece, majoritariamente, devido à compactação ocasionada pela implantação incorreta da pastagem cultivada, manejo impróprio, com elevada taxa de lotação, ocorrendo excessivo pastejo e pisoteio proveniente do gado bovino (ATLAS GEOQUÍMICO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO, 2018).

Sendo assim, nos mapas e gráficos que tratam do uso e da cobertura do solo, foram caracterizadas as mesmas classes, viabilizando a análise da evolução temporal entre elas. De forma geral, percebeu-se a evidente desproporcionalidade entre áreas vegetadas e as áreas descobertas, que contribuem para os processos erosivos, aumento do escoamento superficial e conseqüentemente baixa taxa de infiltração.

Em ambos os cenários apresentados no Gráfico 4, a classe predominante é a de Pastagem, que diminuiu em 4%, sendo a alteração mais expressiva nos 7 anos analisados. A área ocupada pela mata nativa permaneceu, com evolução, em estágio inicial de regeneração, de 1%. O cultivo agrícola de café também cresceu em 1%. Ainda, houve aumento na área edificada, macega e outros.

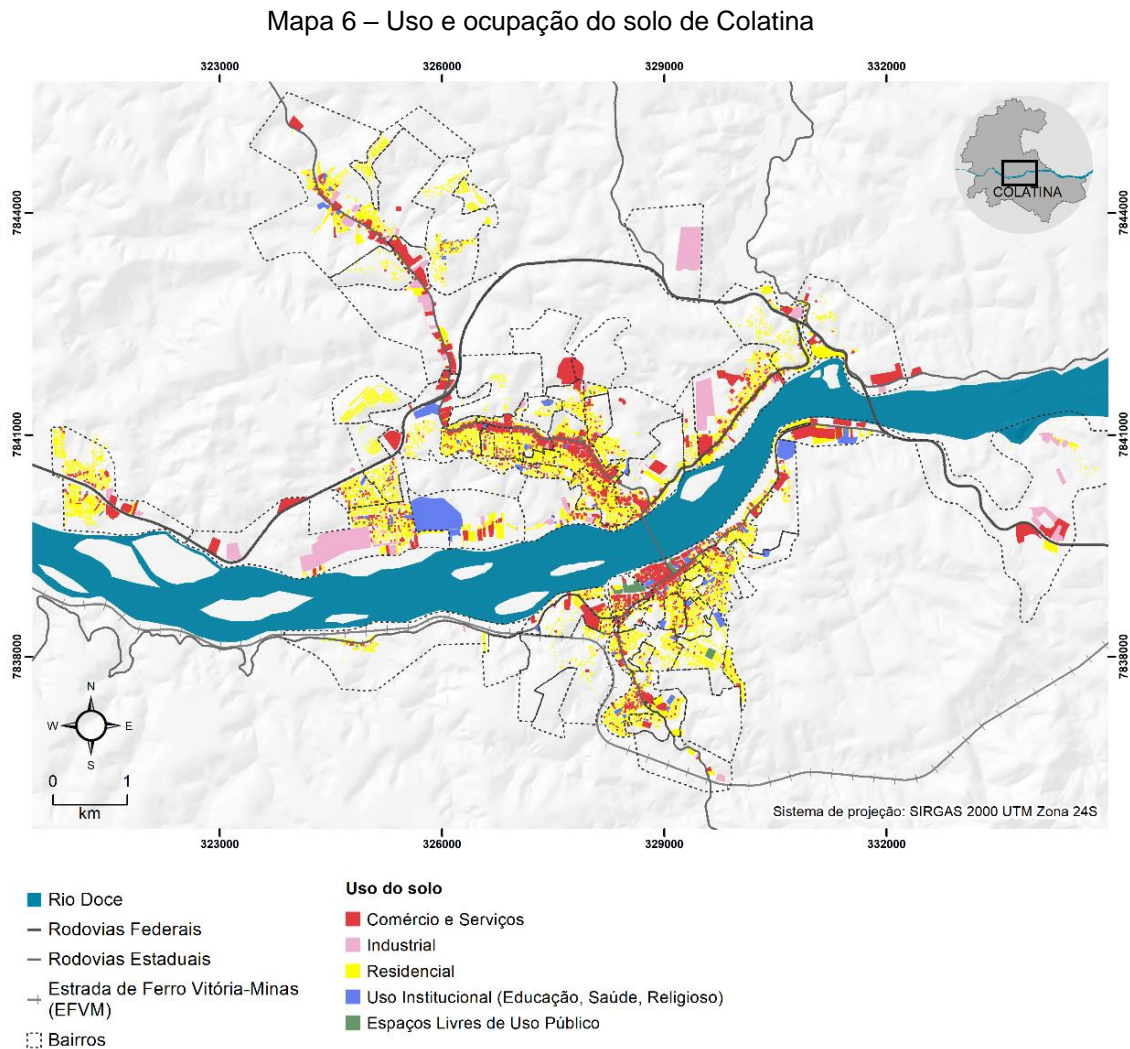
Gráfico 4 – Comparação de uso e cobertura do Solo em 2008 e 2015



Fonte: IEMA, 2012-2015. Gráfico elaborado pela autora, 2022.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA DE COLATINA

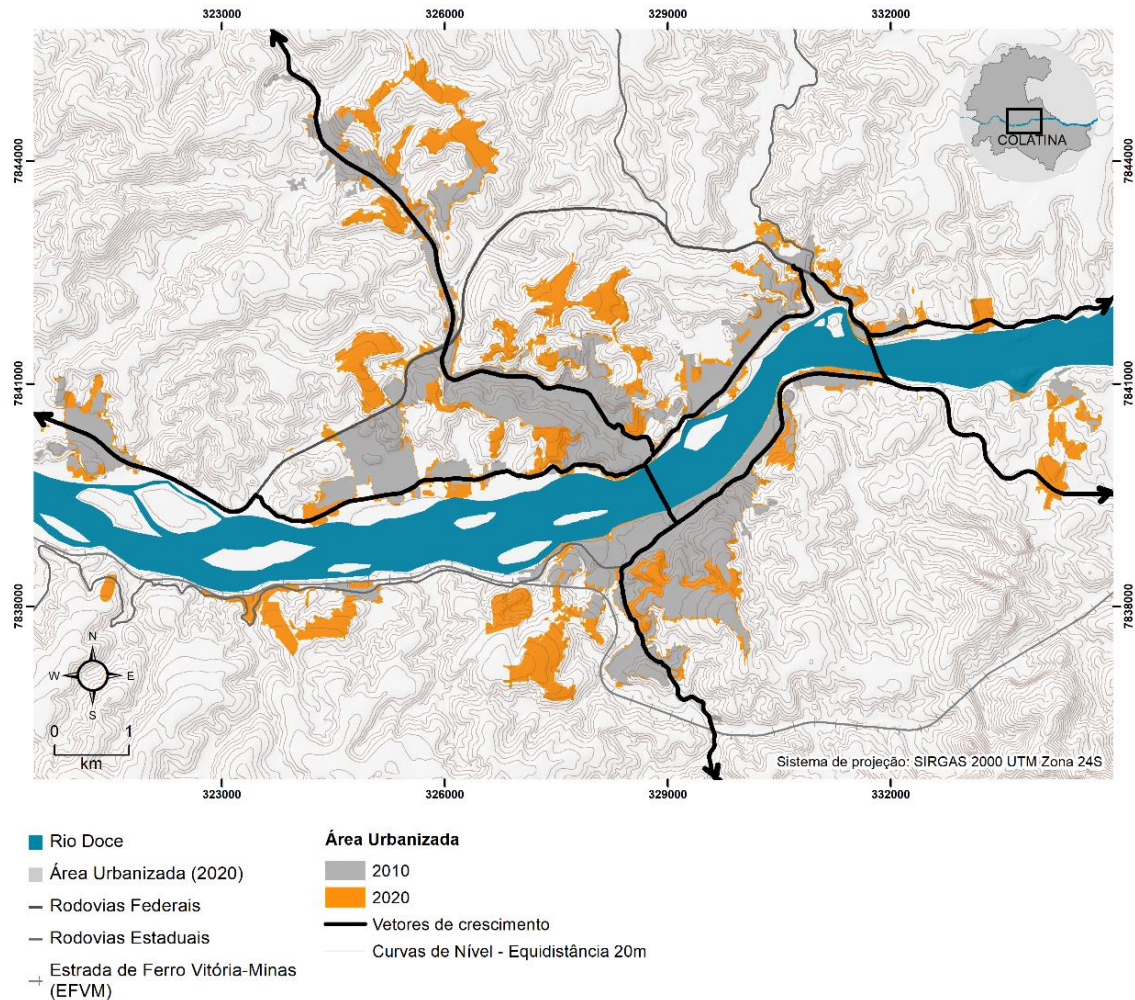
Como mostrado no Mapa 6, em relação ao uso e ocupação do solo, predominantemente, a região de planície é empregada para atividades de prestação de serviços e comércio, enquanto nas cotas elevadas o principal tipo de ocupação é residencial.



Fonte: IJSN (2013), PMC (2020 e Simões (2016). Mapa elaborado pela autora, 2022.

É possível perceber a aceleração da transformação antrópica do território, sobretudo nas últimas quatro décadas, corroborando à expansão da área urbanizada na região. De acordo com Albani (2012), esse cenário é produto das estratégias de desenvolvimento econômico, dos interesses do mercado imobiliário e de um poder público que se abstém do controle urbano, o que, por sua vez, resulta em uma expansão marcada pela produção de novos loteamentos na franja urbana. O Mapa 7 evidencia esse cenário entre os anos 2010 e 2020.

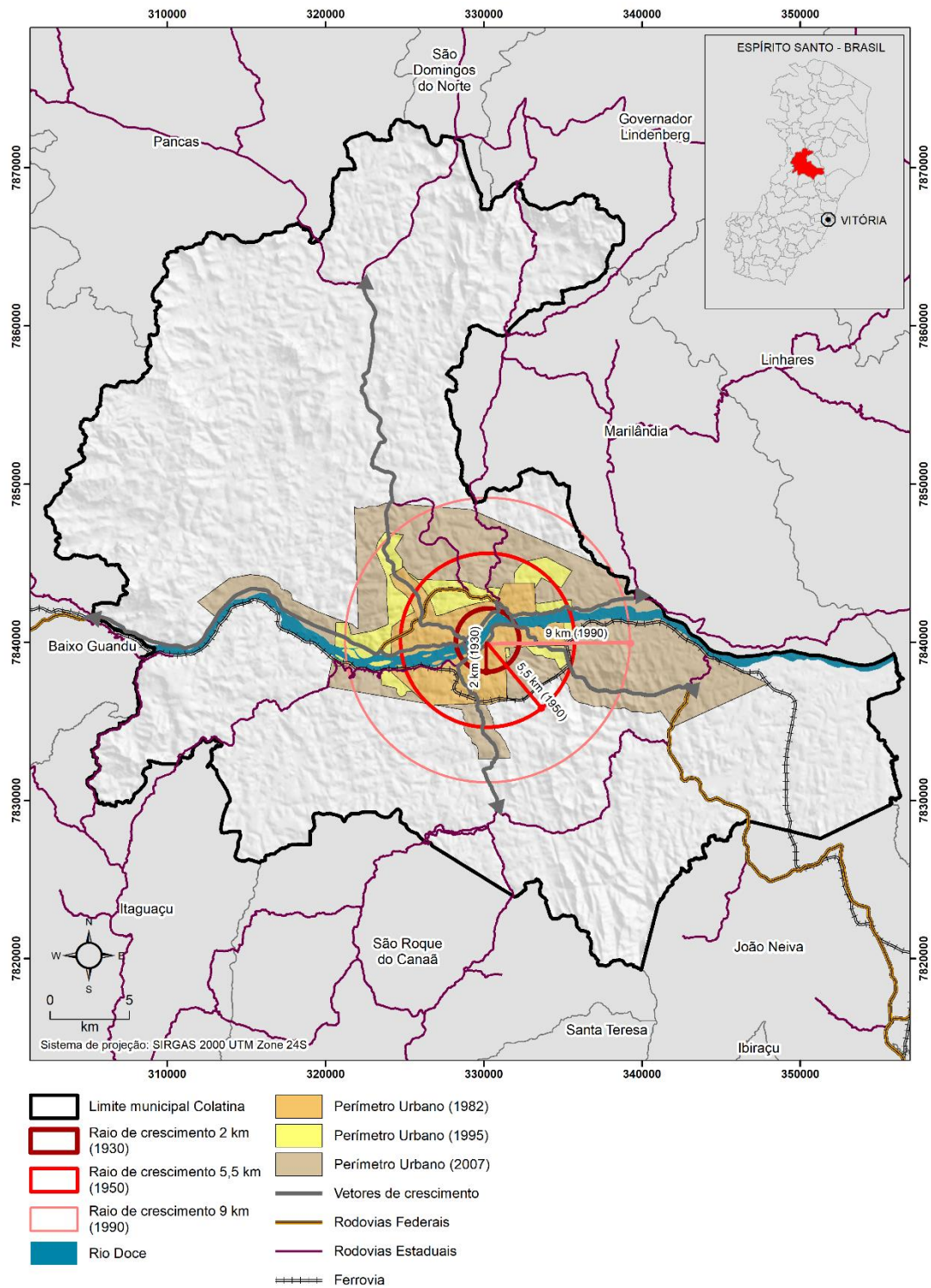
Mapa 7 – Evolução da área urbanizada entre os anos 2010 e 2020



Fonte: PMC e GEOBASES. Mapa elaborado pela autora (2022).

A inclusão de loteamentos nas áreas periurbanas induz o crescimento da cidade de forma dispersa e, possivelmente, culmina na expansão dos custos de implantação de infraestrutura e de transporte (ALBANI, 2012). De 1982 até 2007, em um intervalo de 25 anos, o perímetro urbano de Colatina, definido por lei municipal, passou de 55 km² para 253 km², aumentando 360 % (Mapa 8). Além disso, percebe-se o aumento de 7 km no raio de urbanização ao longo dos anos, potencializando a formação de vazios nas áreas periurbanas.

Mapa 8 – Evolução do perímetro urbano

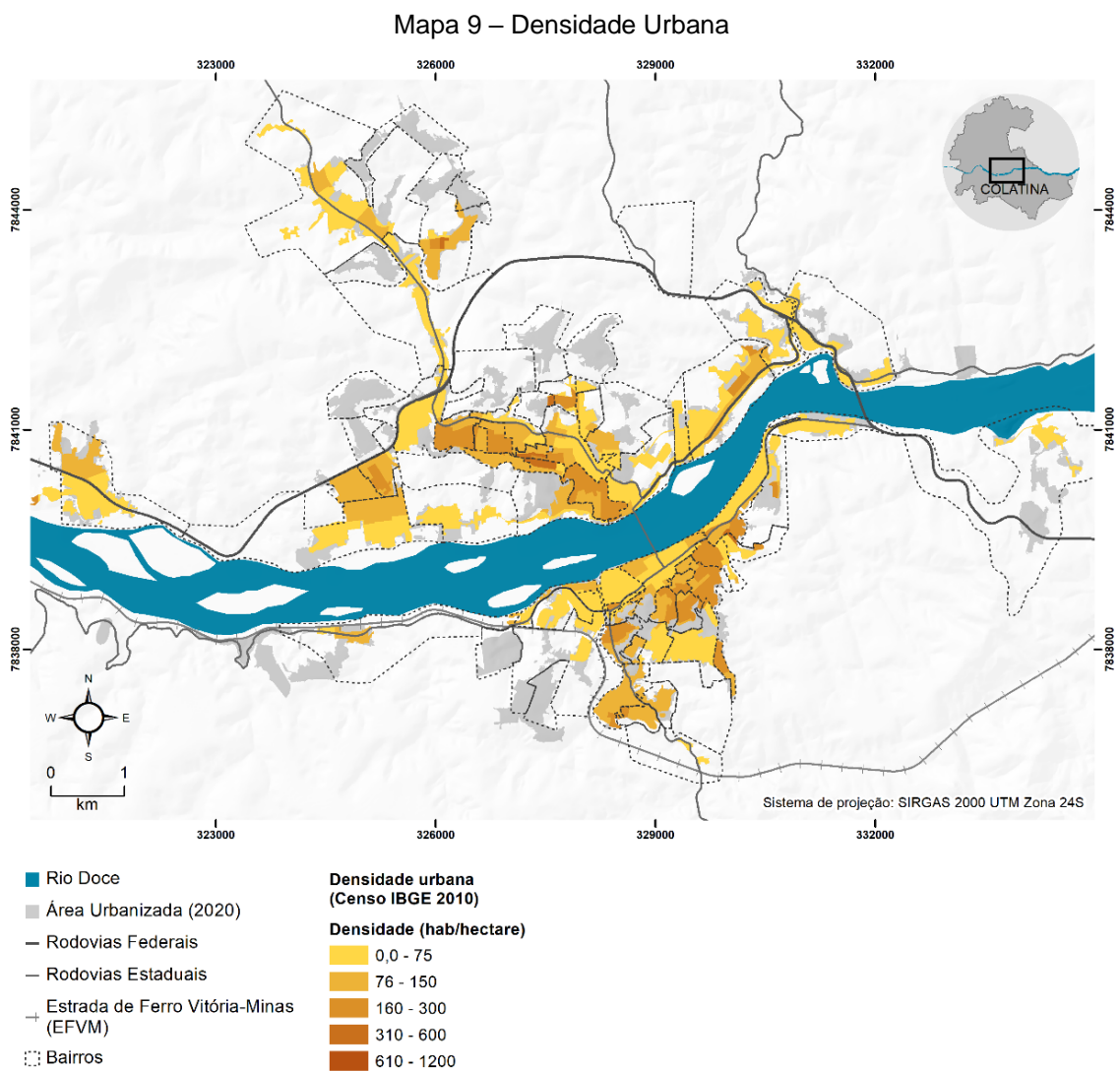


Fonte: Albani (2012). Mapa elaborado pela autora (2022).

Em 2019, o município possuía uma população estimada de 122.499 habitantes e apresentava distribuição desequilibrada entre ocupação urbana e rural. De acordo

com o Censo de 2010, 12% da população total do município reside em área rural e 88%, em área urbana (IBGE, 2010).

Na sede municipal, cerca de 98 mil habitantes ocupam, aproximadamente, 50 km² de mancha urbana, produzindo nesta área uma densidade de 1.960 habitantes/km² (OLIVEIRA, 2017). Os locais de maior densidade urbana correspondem aos bairros predominantemente residenciais, localizados nas partes mais altas da cidade (Mapa 9). Em contrapartida, as menores densidades se situam em bairros localizados nas planícies, nos fundos de vale e nas áreas mais dispersas do tecido urbano.

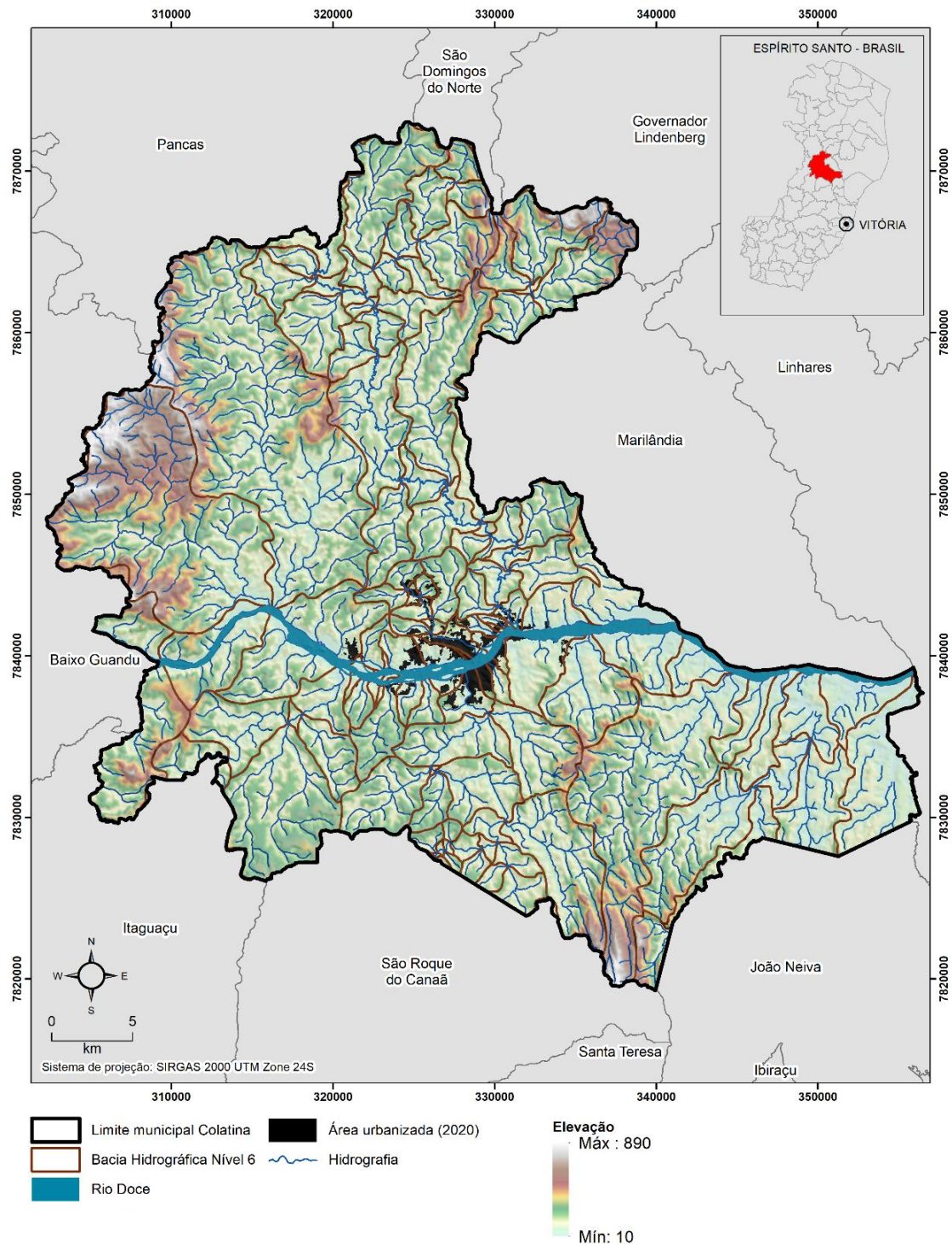


Fonte: IBGE (2010). Mapa elaborado pela autora (2022).

4.3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS URBANAS DE COLATINA

O Mapa 10 mostra a configuração hidrográfica do município de Colatina, que possui área de drenagem da bacia do rio Doce de 76.400km² (CPRM, 2016).

Mapa 10 – Configuração hidrográfica de Colatina



Fonte: IJSN/IEMA (2008). Mapa elaborado pela autora (2022).

Como forma de lidar com as constantes cheias do rio Doce e com o intuito de ampliar as áreas passíveis de urbanização, Colatina adotou uma estratégia de planejamento voltada para a construção de aterros fluviais. Ao longo de sua história, foram produzidas quatro obras deste tipo, respectivamente nos anos de 1968, 1972, 1982 e 2004, todas localizadas na porção sul da sede municipal.

Apesar de terem sido projetados com o intuito de amenizar os efeitos negativos da dinâmica fluvial, estes aterros resultaram na alteração da dinâmica hidrológica do rio Doce e na ampliação de áreas impermeáveis em suas margens, o que, por sua vez, tem favorecido o aumento de áreas alagáveis na cidade (CPRM, 2016). Como exemplo, a Fotografia 1, junto a Fotografia 2 e a **Erro! Fonte de referência não encontrada**.³ ilustram a última cheia do rio Doce, do dia 10 de março do atual ano (2022).

Dentre os transtornos ocasionados na área urbana, pode-se citar a interdição do trânsito em vários pontos da cidade. Além disso, houve o alagamento de algumas áreas, devido às fortes chuvas que ocorreram em cidades de Minas Gerais, pertencentes a bacia do rio Doce.

Fotografia 1 – Cheia do Rio Doce



Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

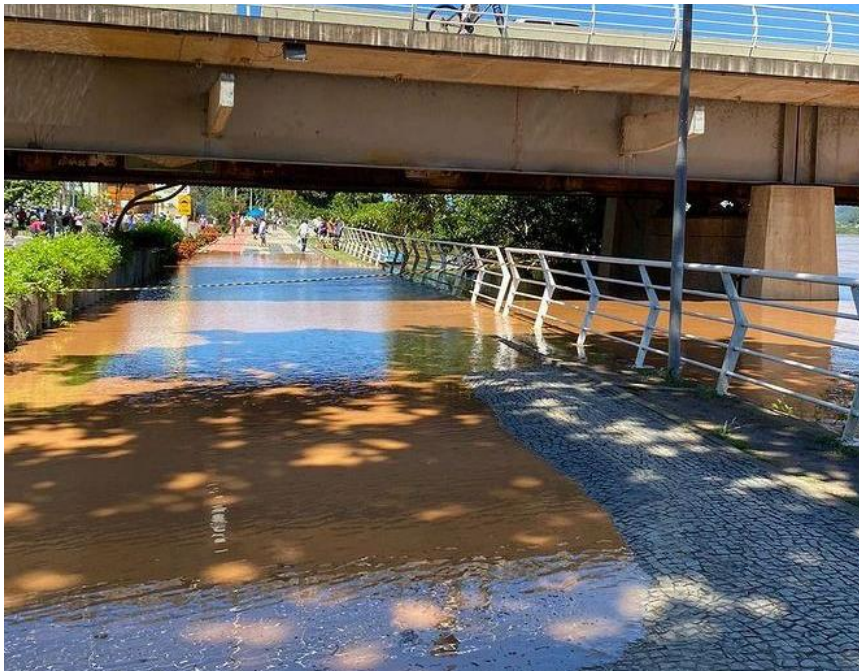
Figura 3 – Comunicado PMC



Logradouro/Local	Referência
Av: José Zouain	Beira Rio Central
Acesso embaixo da ponte	Interrupção Total
R: Benjamin Costa	Rua do Sanear
R: Elpídio Ferreira da Silva	Rua do Faça Fácil (antigo Tiro de Guerra)
R: Afonso Linhalis	Marista
R: Etores Dalmaschio <i>(Tendência de interrupção)</i>	Rua do Recanto Gourmet

Fonte: Instagram PMC (2022).

Fotografia 2 – Cheia do Rio Doce abaixo da ponte



Fonte: Instagram PMC (2022).

Devido à ação antrópica, como a ocupação urbana, os períodos de cheia natural do rio Doce intensificam, também, o processo erosivo, contribuindo para o assoreamento do leito. Em períodos de eventos torrenciais, o nível das águas tende a ocupar áreas de várzea do rio, onde há densa zona urbana.

A

Figura 4 mostra a área alagada observada na última enchente de Colatina, em 2013, pela qual foi possível notar que a área sob risco de desastre hidrológico avança sobre a área urbanizada. Cabe salientar que a cidade sustentável deve se desenvolver em harmonia entre o ambiente construído e a geografia natural, prezando pelo respeitando a morfologia do território, os recursos hídricos e as áreas verdes (LEITE; AWAD, 2012).

Figura 4 – Mancha observada do dia 24/12/2013



Fonte: CPRM (2016).

Em Colatina ocorreram três grandes cheias históricas (

Fotografia 3, Fotografia 4, Fotografia 5 e Figura 5): as cheias de 1979, que provocaram calamidades urbanas e expuseram o município a nível nacional (com vazão de 11.200 m³/s), a cheia de 1997 (7798 m²/s) e a mais recente enchente, em 2013 (e 9.196 m³/s), que, além de provocar estragos, invadiu, inclusive, o mais novo aterro construído com

o propósito de contê-las. Ainda, entre o período de 1997 a 2013, a cota de inundação foi atingida em 11 ocasiões distintas (CPRM, 2016).

Fotografia 3 – Enchente de 1979



Fonte: CPRM (2016).

Fotografia 4 – Enchente de 1997



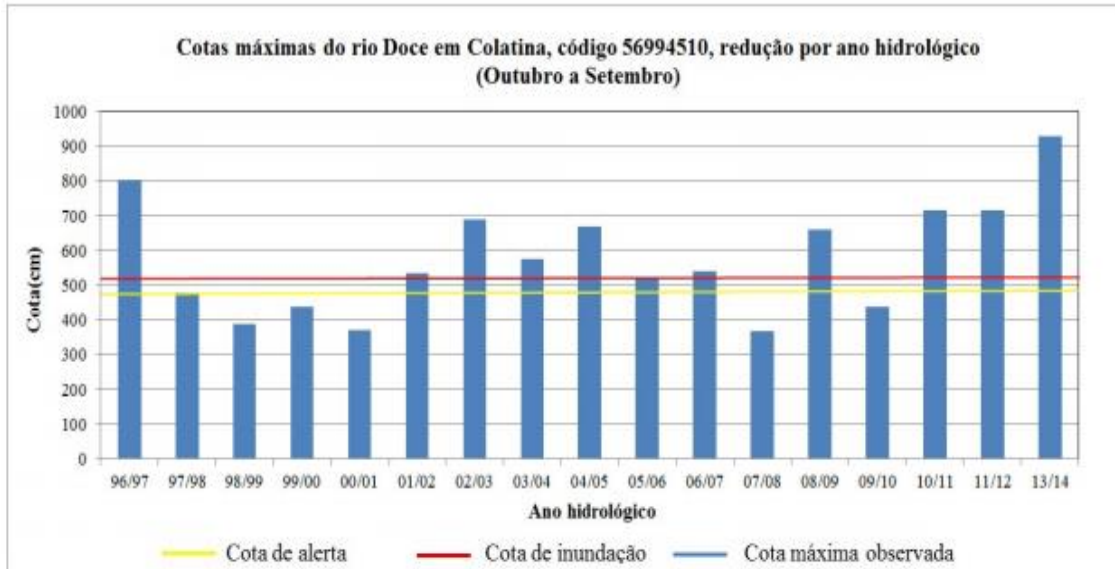
Fonte: CPRM (2016).

Fotografia 5 – Enchente de 2013



Fonte: CPRM (2016).

Figura 5 – Cotas máximas observadas entre 1997 e 2013



Fonte: A Gazeta (2013).

4.3.1 Classificação Hidrológica do solo

Ao associar objetos, de acordo com a similaridade de suas características, é possível classificá-los (SARTORI et al., 2005). Por isso, Sartori (2004) propôs uma classificação hidrológica dos solos brasileiros, em 4 grupos (A, B, C e D), conforme o grau de resistência à erosão.

No grupo A, encontram-se os solos com alta resistência à erosão. No grupo B, os solos com grau de resistência à erosão moderada. Nos grupos C e D, graus de resistência baixo e muito baixo, respectivamente. As concepções dos grupos hidrológicos do solo e a proposta para o enquadramento em primeiro nível categórico (Ordem) das classes de solos são expostas no Quadro 5.

Quadro 5 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Parte 1)

(Continua)

Grupo Hidrológico A

- ✓ Solos muito profundos (> 200 cm) ou profundos (100 a 200 cm);
- ✓ Solos com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão;
- ✓ Solos porosos com baixo gradiente textural (< 1,20);
- ✓ Solos de textura média;
- ✓ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil;
- ✓ Solos bem drenados ou excessivamente drenados;
- ✓ Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;
- ✓ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa.

Enquadram-se neste grupo o:

LATOSSOLO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, LATOSSOLO VERMELHO, ambos de textura argilosa ou muito argilosa e com alta macroporosidade; LATOSSOLO AMARELO E LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial não arenoso.

Grupo Hidrológico B

- ✓ Solos profundos (100 a 200 cm);
- ✓ Solos com moderada taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância a erosão;
- ✓ Solos porosos com gradiente textural variando entre 1,20 e 1,50;
- ✓ Solos de textura arenosa ao longo do perfil ou de textura média com horizonte superficial arenoso;
- ✓ Solos de textura argilosa ou muito argilosa desde que a estrutura proporcione boa macroporosidade em todo o perfil;
- ✓ Solos com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1;
- ✓ A textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/arenosa, arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa e argilosa/muito argilosa.

Enquadram-se neste grupo o:

Quadro 6 – Classificação hidrológica do Solo para as condições brasileiras (Parte 2)

(Conclusão)

LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.

Grupo Hidrológico C

- ✓ Solos profundos (100 a 200 cm) ou pouco profundos (50 a 100 cm);
- ✓ Solos com baixa taxa de infiltração e baixa resistência e tolerância à erosão;
- ✓ São solos com gradiente textural maior que 1,50 e comumente apresentam mudança textural abrupta;
- ✓ Solos associados a argila de atividade baixa (Tb);
- ✓ A textura nos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: arenosa/média e média/argilosa apresentando mudança textural abrupta; arenosa/argilosa e arenosa/muito argilosa.

Enquadram-se neste grupo o:

ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); EPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.

Grupo Hidrológico D

- ✓ Solos com taxa de infiltração muito baixa oferecendo pouquíssima resistência e tolerância a erosão;
- ✓ Solos rasos (prof. < 50 cm);
- ✓ Solos pouco profundos associados à mudança textural abrupta ou solos profundos apresentando mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta), minerais de argila 2:1;
- ✓ Solos argilosos associados à argila de atividade alta (Ta);
- ✓ Solos orgânicos.

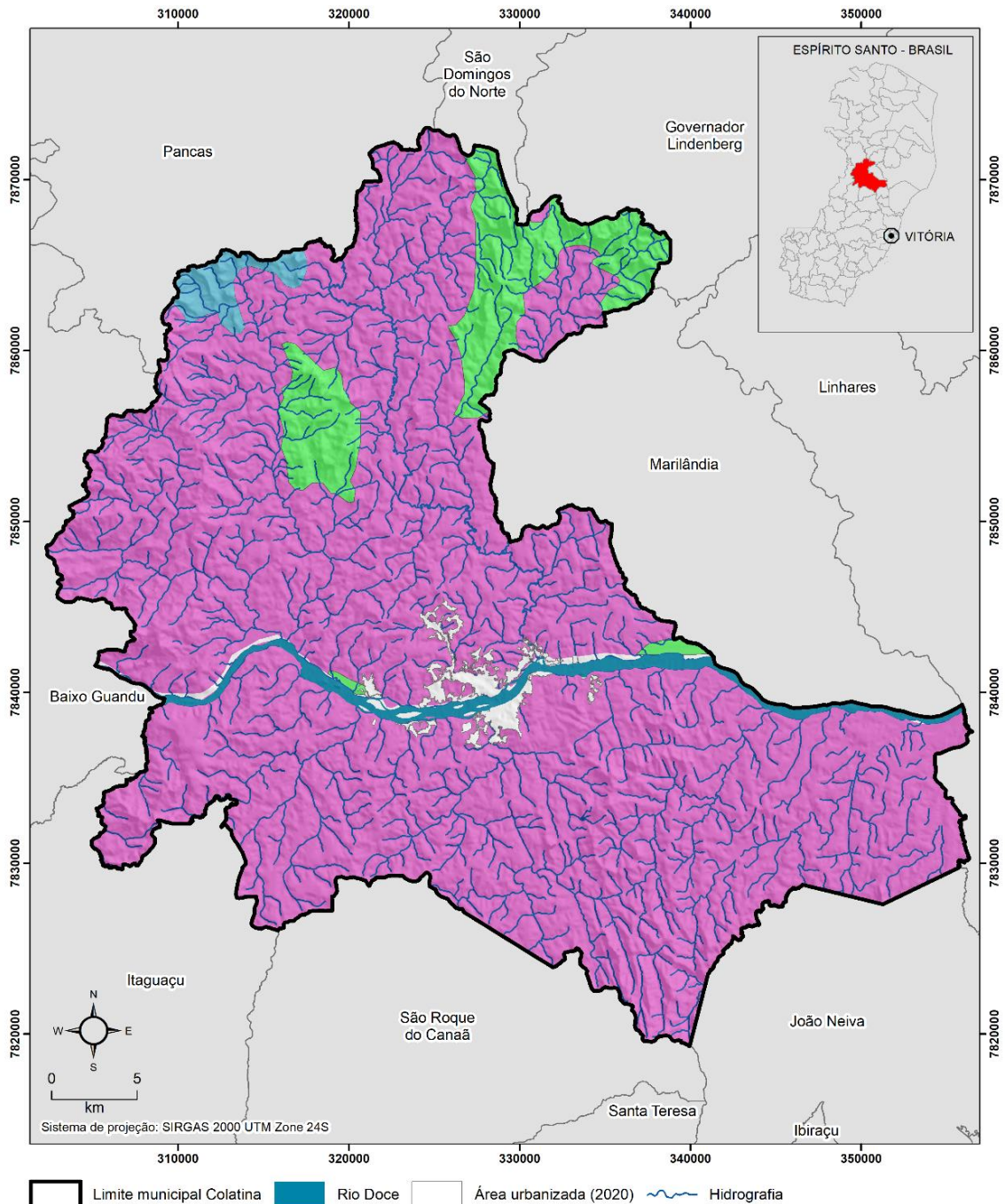
Enquadram-se neste grupo o:

NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGIS- SOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Sartori (2004).

Ainda, foi produzido o Mapa 11, de Grupos Hidrológicos de Solos. Ressalta-se que, majoritariamente, o território colatinense, pertence ao Grupo A.

Mapa 11 – Grupos Hidrológicos de Solos



Grupos Hidrológicos de Solos

- GRUPO A - LATOSSOLO AMARELO Eutrófico típico; LATOSSOLO VERMELHO Distrófico argissólico; LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico; LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico; LATOSSOLO AMARELO Distrocóeso típico
- GRUPO C- CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico; ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO distrófico típico
- GRUPO D - AFLORAMENTO ROCHOSO

Fonte: Sartori (2004) e GEOBASES (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

Sendo assim, conforme a classificação de Sartori (2004), o solo é muito profundo, com alta taxa de infiltração e com alto grau de resistência e tolerância à erosão, poroso

com baixo gradiente textural, de textura média, de textura argilosa ou muito argilosa, bem drenados ou excessivamente drenados; com argila de atividade baixa (Tb), minerais de argila 1:1; e a textura dos horizontes superficial e subsuperficial pode ser: média/média, argilosa/argilosa e muito argilosa/muito argilosa.

4.4 A ESTRUTURA E A ATUAÇÃO DO MUNICÍPIO NO MONITORAMENTO E NO ENFRENTAMENTO DE DESASTRES NATURAIS

Em pesquisa de campo, realizada no dia 22/12/2021, por meio de entrevista com coordenador da unidade municipal, o engenheiro civil Alex Bruno Guerra de Carvalho Cardoso, foi possível compreender o funcionamento e estrutura do departamento. Além disso, o coordenador relatou as medidas adotadas, em casos de ocorrências de desastres, bem como a seleção de fontes de dados selecionadas, dentre outras informações.

A defesa civil do município possui uma equipe de cinco pessoas, dentre eles, coordenador, engenheiro, arquiteto e um responsável pelo administrativo. A equipe trabalha em duas frentes, uma antes das ocorrências, realizando monitoramento e a outra frente sendo na atuação dos pós desastre.

4.4.1 Sistemas de monitoramento e alerta

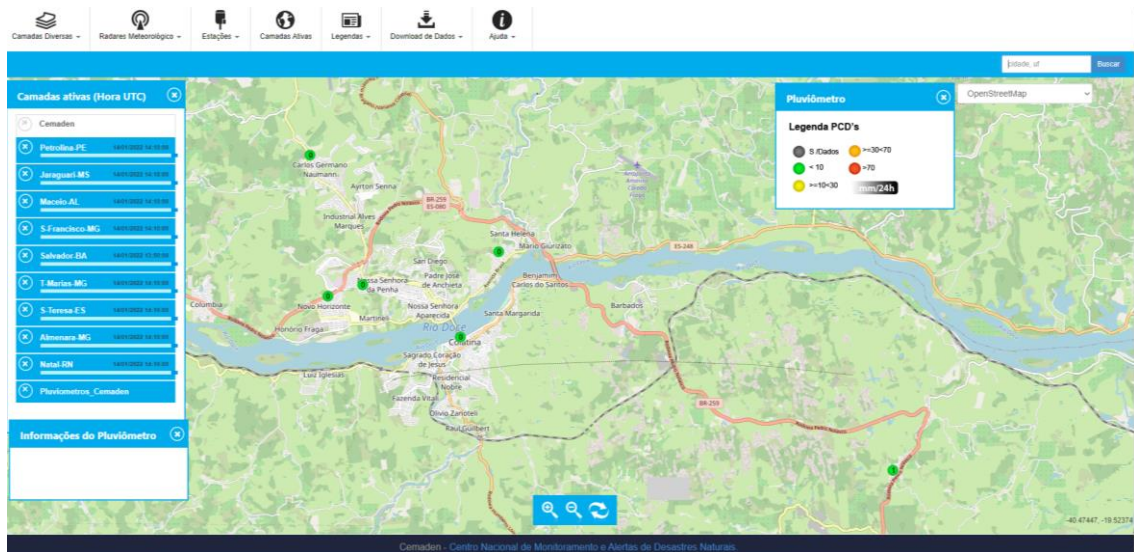
Antes das ocorrências, para monitorar possíveis fatores que possam ocasionar em desastres, o departamento utiliza alguns métodos e ferramentas. Em casos de precipitação de chuvas, que caracterizam um dos critérios de análise desta pesquisa, são utilizadas três fontes principais de monitoramento: o CEMADEN, a CPRM e o sistema 'Alerta!'.

Colatina conta com 6 estações de pluviômetros automáticos, que foram implantados por meio do projeto "Pluviômetros Automáticos", e têm como objetivo aumentar e complementar a rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, a fim de subsidiar a emissão de alertas de desastres naturais. Os aparelhos ficam localizados nos bairros Maria das Graças, Novo Horizonte, Centro, Carlos Germano, Morada do Sol e Baunilha (CEMADEN, 2021).

Os aparelhos funcionam 24 horas por dia, enviando dados em tempo real cerca da precipitação acumulada (mm/24h), via satélite, e pode ser acompanhado por qualquer

pessoa, de forma constante e ao vivo, pelo Mapa Interativo do site do CEMADEN, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Mapa Interativo



Fonte: CEMADEN (2022).

4.4.1.1 Sistema de monitoramento e alerta CEMADEN

Os dados monitorados provenientes dos pluviômetros automáticos se conectam aos servidores e enviam informações dos acumulados de chuva, em milímetros, a cada 10 minutos. Os dados são processados e disponibilizados pelo Mapa Interativo, plataforma especializada desenvolvida pelo CEMADEN.

No entanto, caso não esteja chovendo, o pluviômetro se conecta, somente, uma vez a cada hora, enviando o acumulado de 0 milímetro dos últimos 60 minutos. Em conjunto com outras informações, esses dados ajudam na análise de cenários de risco de desastres naturais e, por consequência, na decisão pela emissão de diferentes níveis de alerta.

No site, também é possível consultar dados históricos, pesquisando a quantidade de chuva acumulada num determinado dia (CEMADEN, 2021). A situação de alerta é classificada de “normal” a “alerta máximo” conforme a quantidade de chuva acumulada nas Plataforma de coletas de dados, numa relação de milímetros por tempo, conforme demonstra a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação de alerta em mm/h

	NORMAL	ATENÇÃO	ALERTA	ALERTA MÁXIMO
Últimos 15 minutos	5 mm	10 mm	15 mm	50 mm
1h	20 mm	30 mm	40 mm	90 mm
4h	40 mm	50 mm	60 mm	130 mm
24h	80 mm	90 mm	100 mm	210 mm
72h	120 mm	130 mm	140 mm	250 mm
96h	160 mm	170 mm	180 mm	370 mm

Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022).

Além disso, conforme o CEMADEN (2021) os dados também são importantes para o monitoramento das variáveis de entrada em modelos hidrológicos e geodinâmicos, utilizados para a previsão de vazão, que significa a capacidade de monitorar o nível do rio e o fator de segurança para estabilidade de encostas, estes fatores são essenciais para a análise de risco de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra.

4.4.1.2 Sistema de monitoramento e alerta SACE

Concomitante ao monitoramento do CEMADEN, o Sistema de Alerta de Eventos Críticos (SACE), a CPRM, também disponibiliza, em tempo real, os dados sobre volumes de chuva e os níveis dos principais rios do país. O sistema emite, ainda, boletins e relatórios contendo previsões de enchentes e inundações. No entanto, o SACE se difere do CEMADEN por trabalhar na escala de bacias, como a bacia do rio Doce, da qual Colatina faz parte.

A classificação de alerta da CPRM também está relacionada ao acumulado de chuvas registrado pelos pluviômetros, no entanto, o sistema apresenta, apenas, um valor de acumulado, ou seja, o valor mais alto, oriundo de um só pluviômetro, o valor mais alto. Também é possível visualizar as informações do ponto de monitoramento nas últimas 24 horas.

4.4.1.3 *Sistema de monitoramento e alerta é Sistema Alerta!*

O terceiro instrumento de monitoramento e alarme estudado consiste no Sistema Alerta!, que integra o Sistema Estadual de Proteção e Defesa Civil (Siepdec).

Com a finalidade de dotar o Estado do Espírito Santo de uma estrutura integrada de planejamento, ordenação e análise das informações de mapeamento, monitoramento, previsão e alerta de extremos meteorológicos, hidrológicos, geológicos e oceanográficos, bem como outras informações técnico-científicas do meio físico, nas ações de monitoramento, que se caracterizem como risco e ameaça de desastres, fornecendo, na iminência, durante e após a ocorrência de eventos desastrosos, informações para a tomada de decisão” (DECRETO ESTADUAL nº 4488-R, de 09 de agosto de 2019).

As entidades que fazem parte do Alerta! são: a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil (Cepdec), a Agência Estadual de Recursos Hídricos (Agerh), o Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), o Instituto Jones Santos Neves (IJSN) e a Companhia Espírito Santense de Saneamento (Cesan).

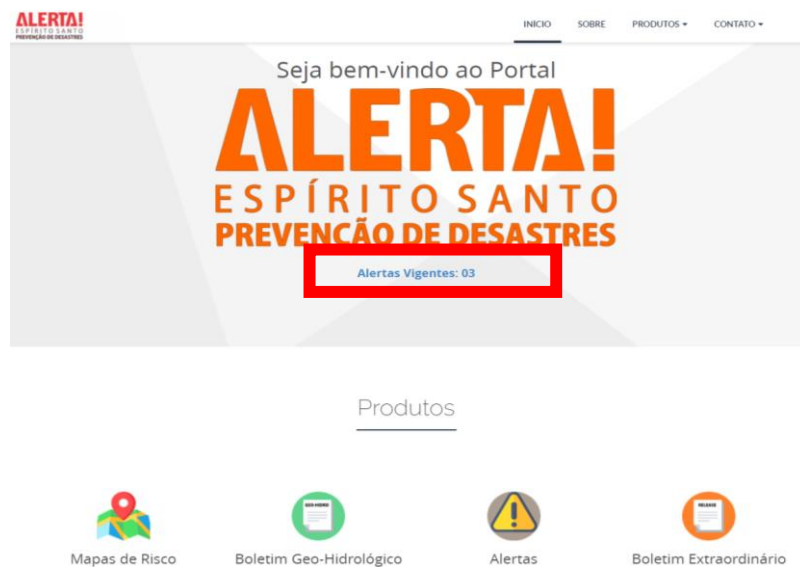
Este sistema não produz relatórios e nem emite boletins diários, exceto em dias excepcionais, nos quais há alteração nos níveis normais, indicando um estado de atenção. O sistema emite as seguintes informações:

- I – Alertas: aviso aos moradores sobre o risco de desastres naturais, como enchentes e deslizamentos de terra;
- II – Boletim Extraordinário de Defesa Civil: boletins contendo um apanhado sucinto de informações relacionadas à emissão de avisos e alertas hidrológicos, meteorológicos, geológicos e outros;
- III – Boletim de Risco Geo-Hidrológico: boletins que contêm a possibilidade de ocorrência de eventos hidrológicos como deslizamentos de terra ou inundações devido às chuvas intensas, de acordo com dados do CEMADEN;
- IV – Boletim Meteorológico: boletim diário que traz informações sobre a previsão de fenômenos meteorológicos que possam ocasionar riscos de desastres ao estado. O boletim traz a previsão para as próximas 48 horas e a tendência para 7 dias; e
- V – Boletim de Queimadas (mensal e semanal): boletins contendo o monitoramento semanal e mensal dos focos de queimada no Espírito Santo, de acordo com dados disponibilizados pelo Inpe, além da previsão climática de chuva e focos de queima para o mês corrente (boletim mensal) (ALERTA!, 2022, <https://alerta.es.gov.br/sobre>).

No primeiro mês de 2022, Colatina já enfrentou a primeira situação de ocorrência de desastres naturais, devido às precipitações ocorridas nos municípios do estado de Minas Gerais, provocando desastres hidrológicos em algumas áreas alagáveis da cidade e deixando o município – assim como outras localidades do Espírito Santo – em situação de alerta. O primeiro boletim extraordinário emitido foi no dia 08 de janeiro, apresentando alerta moderado, mas ainda sem risco para Colatina.

Somente em 10 de janeiro Colatina foi notificada acerca do elevado nível de risco hidrológico. Em 14/01/2022 havia, no site do sistema Alerta!, indicações de três alertas vigentes no Espírito Santo (Figura 7). Por isso, a fim de informar a situação dos municípios capixabas e divulgar as previsões de riscos futuros, em 14/01/2022, foi emitido um boletim extraordinário de defesa civil, por meio do qual é possível visualizar as informações que são contempladas pelos boletins extraordinários emitidos pelo sistema Alerta!.

Figura 7 – Página inicial sistema Alerta!



Fonte: Alerta! (2022).

4.4.1.4 *Redes sociais*

Além das ferramentas de alerta supracitadas, a PMC, junto da unidade da defesa civil municipal, utilizou as redes sociais oficiais do município para comunicação direta com a sociedade. Em 10 de janeiro de 2022, com o início do estado de alerta de nível alto para risco hidrológico, a PMC informou à população sobre o contexto de risco, sobre a cota atingida, sobre a cota de inundação e quais os locais passíveis de inundações, bem como suas respectivas cotas pontuais (Figura 8).

Figura 8 – Comunicados referentes às cotas de inundação nas redes sociais da PMC

COMUNICADO

COMUNICADO

O Rio Doce em Colatina atingiu nesta segunda-feira (10), às 13h15, a cota de alerta de 530cm.

Ressaltamos que o município se baseia nas seguintes cotas para o monitoramento de cheias:

- Atenção: 460cm
- Alerta: 530cm
- Inundação: 580cm

Confira na tabela as referências de cotas de inundação em pontos monitorados pela Defesa Civil na cidade.

(referência: Régua CPRM Ponte Florentino Ávidos)

Fonte: CPRM / COMPDEC de Colatina

Referências Cotas Inundação Colatina		
Região	Localização	Cota de inundação
		nessa área
Sul	Acesso por baixo da ponte Florentino Ávidos	610 cm
	Rodoviária	710 cm
	Calçadão Oba	710 cm
	Alexandre Calmon	760 cm
	Calçadão Getúlio Vargas	810 cm
	Av. Beira Rio - área verde	710 cm
	Faça Fácil / Benjamim Costa	560 cm
	Buraco da Comadre	560 cm
	Rua Hospital Santa Maria	710 cm
	Horta Maria das Graças	610 cm
Norte	Rua Vitério Cosme - Santa Helena	710 cm
	Bairro Martineli - Capivarinha	660 cm

Fonte: Instagram da Prefeitura Municipal de Colatina (2022).

4.4.2 Mapeamento de Áreas de Risco

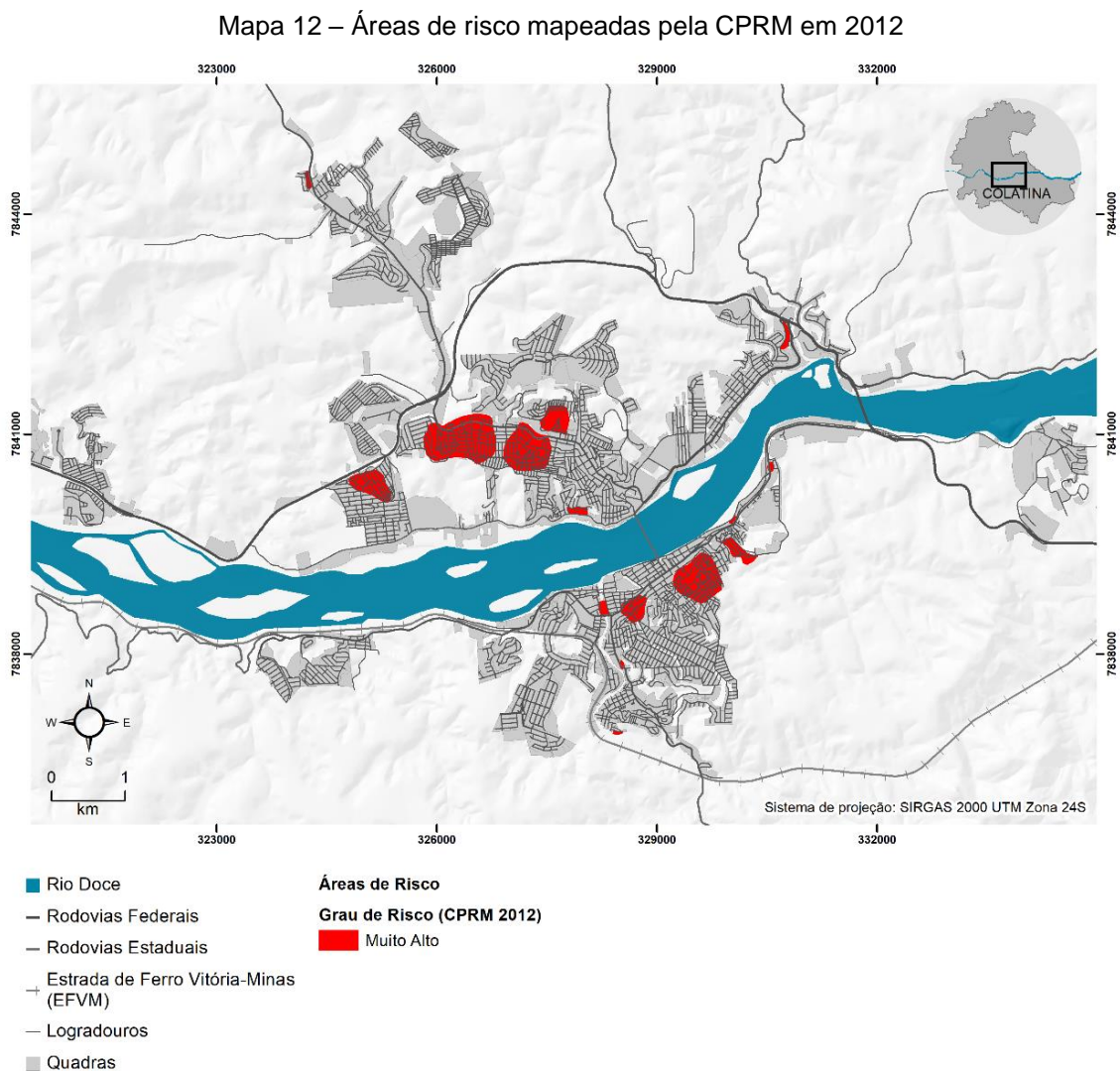
Existem três mapeamentos relacionados às áreas de riscos. Dois destes mapeamentos foram produzidos pela CPRM, em 2012 e 2019, e o terceiro foi desenvolvido para o Plano Municipal de Redução de Riscos, realizado pela empresa privada PANGEA – Geologia e Estudos Ambientais Ltda, contratada pela PMC após os desastres hidrológicos de 2013. Ou seja, duas instituições diferentes realizaram o mapeamento, de formas independentes e distintas, sendo assim, nem sempre as áreas mapeadas são as mesmas. A Defesa Civil de Colatina relatou que trabalha com as duas fontes.

O Governo Federal, com a finalidade de reduzir as perdas humanas e materiais, ocasionadas pelos desastres naturais, firmou convênios de colaboração mútua para executar, o diagnóstico e mapeamento das áreas com potencial de risco alto a muito alto a desastres naturais, em todo o país. O estado do Espírito Santo, ou seja, Colatina foi completamente mapeado pelo Serviço Geológico Nacional (CPRM). Os mapeamentos trataram dos desastres hidrológicos e geológicos relacionados as águas urbanas.

4.4.2.1 Mapeamento de áreas de risco CPRM 2012

O primeiro mapeamento de áreas de risco da CPRM foi publicado em fevereiro de 2012, com o título “Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa em Colatina – Espírito Santo”. Neste documento, foram selecionados 16 setores prioritários, que a CPRM identificou, localizou, codificou, numericamente, de “ES_CO_SR01_CPRM” a “ES_CO_SR16_CPRM”.

A CPRM informou, ainda, a tipologia de desastre à qual a área estava suscetível, realizando uma descrição do local, apontando número de moradores, estabelecendo o nível de risco entre alto e muito alto, além de indicar sugestões de intervenção (Mapa 12).



Fonte: CPRM (2012). Mapa elaborado pela autora (2022).

4.4.2.2 *Mapeamento de áreas de risco Pangea*

Após o último desastre natural histórico, em 2013, a empresa Pangea – Geologia e Estudos Ambientais Ltda foi contratada pela PMC, para elaboração do Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR) do Município de Colatina – ES. A proposta tinha, como objetivo principal, a criação de um plano “[...] de acordo com as Diretrizes Gerais da Ação de Apoio à Prevenção e Erradicação de Riscos em Assentamentos Precários da Secretaria Nacional de Programas Urbanos do Ministério das Cidades” (PANGEA, 2014, p. 1). O documento proposto tinha o intuito de:

- [...] I. Elaborar o mapa de risco de escorregamento e inundação no Município;
- II. Definir as medidas de segurança, os recursos financeiros, as prioridades e os prazos necessários para a erradicação das situações de alto risco;
- III. Compatibilizar as medidas propostas com o Plano Diretor e os programas de assentamento, habitação e drenagem urbana;
- IV. Possibilitar a articulação dos três níveis de governo nas ações de redução de risco (PANGEA, 2014, p. 1).

Os desastres de 2013 mostraram que havia mais áreas de riscos no município do que aquelas identificadas pela CPRM em 2012, ocasionando o levantamento prévio e a indicação de outras 19 áreas para o estudo da Pangea. Quanto à reavaliação e atualização do mapeamento das áreas de risco geológicos do município, o método adotado foi baseado em critérios e procedimentos para a setorização das regiões classificadas como áreas de risco, e teve o objetivo de subsidiar o gerenciamento dos riscos, definindo parâmetros técnicos e sociais, em parceria com a equipe técnica da PMC, visando proporcionar maior segurança aos habitantes (PANGEA, 2014).

Nas áreas indicadas pela PMC, foram realizados os mapeamentos de risco e a identificação dos condicionantes dos processos de instabilidade. Os resultados foram organizados em fichas de cadastro com a indicação dos graus de risco. As fichas utilizadas para pesquisa de campo abrangiam diversas condicionantes geológicas e geotécnicas, como tipologia – natural, corte ou aterro – e a geometria da encosta, os tipos de materiais mobilizados – solo, rocha, lixo, detritos, entre outros –, a tipologia de movimentos de massa – ocorrentes ou esperados –, o tipo de talude – natural, corte ou aterro – e a condição de escoamento e infiltração de águas superficiais e servidas.

Além dos dados supracitados, foram observados aspectos como o padrão construtivo das habitações – em madeira, em alvenaria, misto – e a posição das moradias em relação ao raio de alcance dos processos ocorrentes ou esperados. Foram consideradas, também, características da infraestrutura urbana inserida, como as condições das vias – pavimentada, de terra, escadarias –, os sistemas de drenagem e esgoto, as pontes e outras melhorias urbanas.

A ficha abarca parâmetros de investigação da vulnerabilidade a respeito das formas de uso e ocupação existentes nas áreas de risco. A Pangea utilizou critérios definidos pelo MCID (2007), para determinar o grau de risco de ocorrência de processos de instabilidade geológica, como mostra o Quadro 7:

Quadro 7 – Classificação de grau de risco geológico Pangea

	DESCRIÇÃO
R1 - Baixo	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de BAIXA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. NÃO HÁ INDÍCIOS de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens. É a condição menos crítica. Mantidas as condições existentes, NÃO SE ESPERA a ocorrência de eventos destrutivos no período de 1 ano.
R2 - Médio	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MÉDIA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de ALGUMA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade, porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, É REDUZIDA a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R3 - Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos e o nível de intervenção no setor são de ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. Observa-se a presença de SIGNIFICATIVA(S) EVIDÊNCIA(S) de instabilidade. Mantidas as condições existentes, é PERFEITAMENTE POSSÍVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.
R4 - Muito Alto	Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes e o nível de intervenção no setor são de MUITO ALTA POTENCIALIDADE para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos. As evidências de instabilidade SÃO EXPRESSIVAS E ESTÃO PRESENTES EM GRANDE NÚMERO E/OU MAGNITUDE . É a condição mais crítica. Mantidas as condições existentes, é MUITO PROVÁVEL a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período de 1 ano.

Fonte: Pangea (2014).

Para o mapeamento de áreas de riscos hidrológicos foram observados, *in loco*, três os parâmetros principais. O primeiro, diz respeito à identificação do cenário hidrológico existente em cada área investigada, considerando as tipologias de processos hidrológicos referentes aos respectivos cenários de risco. Cada processo foi utilizado como critério de análise e de periculosidade, segundo a capacidade destrutiva e o potencial de danos socioeconômicos vinculados à sua magnitude, à sua energia de escoamento, ao raio de alcance lateral, à extensão e ao impacto destrutivo.

O segundo parâmetro correspondeu à vulnerabilidade da ocupação urbana existente em cada área de risco. A análise da vulnerabilidade consistiu, basicamente, na avaliação do padrão construtivo. O terceiro parâmetro tratou da análise de risco, tendo em vista a distância das moradias em relação ao eixo da drenagem.

No terceiro parâmetro, foi analisado o tipo de processo ocorrido na área e seu raio de alcance, já que, além da frequência, os fenômenos maiores estão associados a um menor tempo de retorno, tendo as chuvas como agente desencadeador. No mapeamento das áreas de riscos hidrológicos, o grau da probabilidade de riscos também foi definido utilizando critérios indicados pelo MCID (2007) (Quadro 7).

Quadro 8 – Classificação de grau de risco hidrológico Pangea 2014 (Parte 1)

(Continua)

	DESCRIÇÃO DO CENÁRIO
R1 Baixo	a) Enchentes e inundações com BAIXA ENERGIA CINÉTICA E BAIXO PODER DESTRUTIVO (PH1), atingindo MORADIAS DE ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2); b) Enchentes e inundações com BAIXA ENERGIA CINÉTICA E BAIXO PODER DESTRUTIVO (PH1), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1); c) Enchentes e inundações com BAIXA ENERGIA CINÉTICA E BAIXO PODER DESTRUTIVO (PH1), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2); d) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTO PODER DESTRUTIVO (PH2), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2);
R2 Médio	a) Enchentes e inundações com BAIXA ENERGIA CINÉTICA E BAIXO PODER DESTRUTIVO (PH1), atingindo MORADIAS DE ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1); b) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTO PODER DESTRUTIVO (PH2), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1); c) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTO PODER DESTRUTIVO (PH2), atingindo MORADIAS DE ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2); d) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO E ELEVADO PODER DESTRUTIVO (PH3), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2);
R3 Alto	a) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTO PODER DESTRUTIVO (PH2), atingindo MORADIAS ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1); b) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO E ELEVADO PODER DESTRUTIVO (PH3), atingindo MORADIAS DE ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com BAIXA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI2); c) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO E ELEVADO PODER DESTRUTIVO (PH3), atingindo MORADIAS DE BAIXA VULNERABILIDADE (VO2), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1);
R4 Muito Alto	a) Enchentes e inundações com ALTA ENERGIA CINÉTICA E ALTA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE MATERIAL SÓLIDO E ELEVADO PODER DESTRUTIVO (PH3), atingindo MORADIAS DE ALTA VULNERABILIDADE (VO1), situadas em área com ALTA POSSIBILIDADE de impacto direto do processo (PI1).

Quadro 9 – Classificação de grau de risco hidrológico Pangea 2014 (Parte 2)

(Conclusão)

PROCESSO HIDROLOGICO	CENÁRIO
Processo Hidrológico 1 (PH1)	Enchente e inundação lenta de planícies fluviais
Processo Hidrológico 2 (PH2)	Enchente e inundação com alta energia cinética
Processo Hidrológico 3 (PH3)	Enchente e inundação com alta energia de escoamento e capacidade de transporte de material sólido

VULNERABILIDADE	CENÁRIO
Alta vulnerabilidade de acidentes (VO1)	Baixo padrão construtivo, onde predominam moradias construídas com madeira, madeirite e restos de material com baixa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.
Baixa vulnerabilidade de acidentes (VO2)	Médio a bom padrão construtivo, onde predominam moradias construídas em alvenaria, com boa capacidade de resistir ao impacto de processos hidrológicos.

PERICULOSIDADE	CENÁRIO
Alta periculosidade (PI1)	Alta possibilidade de impacto direto, considerando o raio de alcance do processo.
Baixa periculosidade (PI2)	Baixa possibilidade de impacto direto, considerando o raio de alcance do processo.

Fonte: Pangea (2014).

A Pangea também indicou medidas estruturais e não-estruturais para mitigação e contenção dos riscos nas áreas mapeadas. A partir do mapeamento das 35 áreas indicadas pela PMC, a Pangea definiu 89 setores de risco – vulneráveis –, dos quais 81 são sujeitos a risco de escorregamento e 8 a desastres hidrológicos. Os setores foram subdivididos em risco baixo, médio, alto e muito alto, como apresentado na Tabela 3.

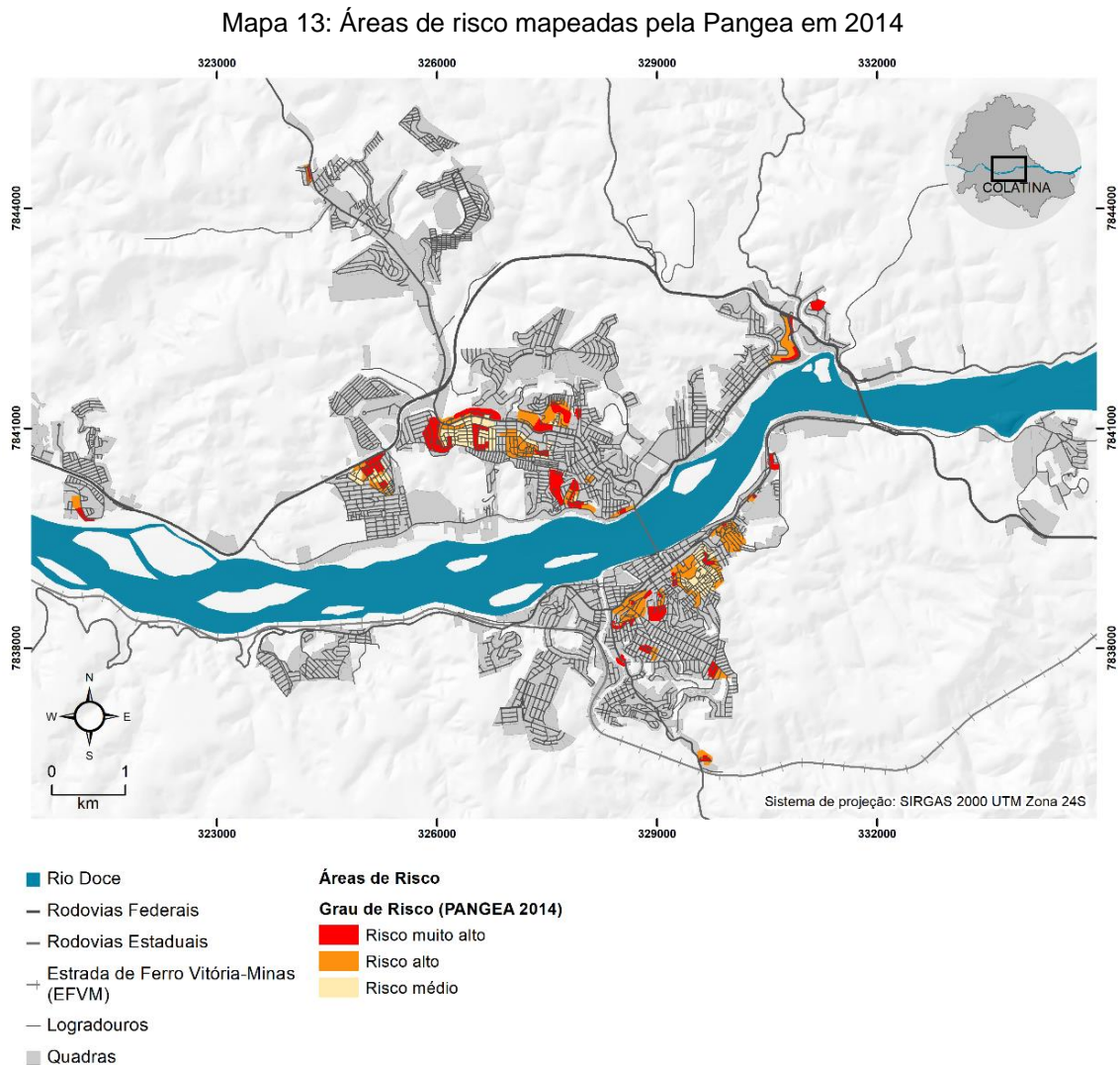
Tabela 3 – Quantidade de setores em cada nível de risco

Nível de risco	Quantidade de setores por tipo de risco	
	De escorregamento	De desastres hidrológicos
Baixo (R1)	–	2 setores
Médio (R2)	10 setores	4 setores
Alto (R3)	32 setores	2 setores
Muito Alto (R4)	39 setores	–
TOTAL	81	8

Fonte: Pangea (2014).

Nota: Quadro organizado pela autora, 2022.

O mapeamento realizado pela Pangea (2014) apontou os locais, o tipo e a classificação do grau de risco de vulnerabilidade a que estas áreas estão suscetíveis (Mapa 13).

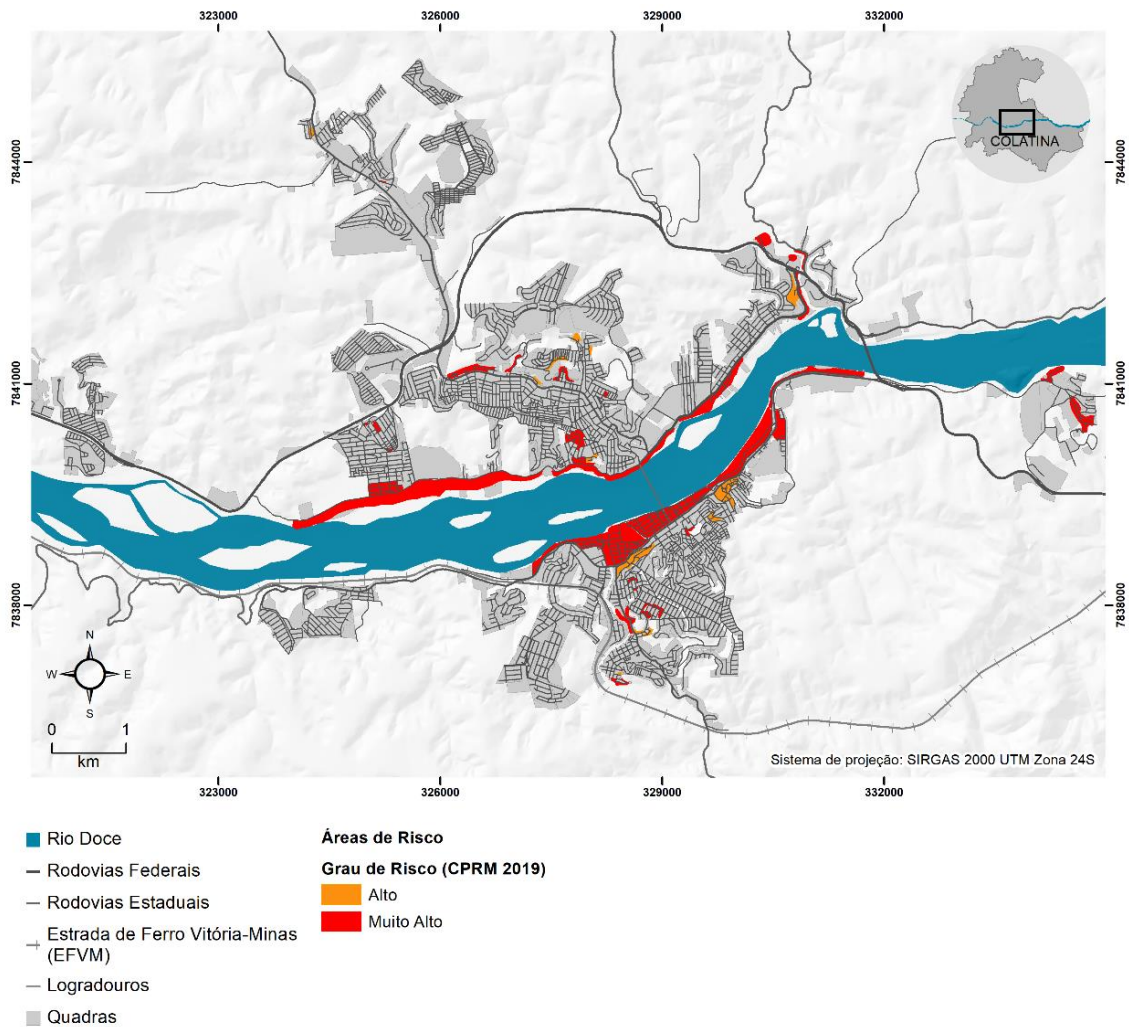


Fonte: Pangea (2014). Mapa elaborado pela autora (2022).

4.4.2.3 Mapeamento de áreas de risco CPRM 2019

O terceiro – e mais recente – mapeamento de áreas de risco foi o “Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações”, realizado pela CPRM (2019). O Mapa 14 mostra, em amarelo, as áreas classificadas como de risco alto para ocorrência de desastres, enquanto as áreas em vermelho correspondem às de risco muito alto.

Mapa 14 – Áreas de risco mapeadas pela CPRM em 2019



Fonte: CPRM (2019). Mapa elaborado pela autora (2022).

Quanto ao grau de risco de ocorrência de desastres naturais de origem geológica, foram descritos os critérios analisados para classificação das áreas mapeadas, com grau de risco variando de baixo (R1) até muito alto (R4) (Quadro 8).

Quadro 10 – Classificação de grau de risco geológico CPRM 2019

Grau de risco	Descrição
R1 Baixo	Não há indícios de desenvolvimento de processos destrutivos em encostas e margens de drenagens. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos.
R2 Médio	Observa-se a presença de alguma(s) evidência(s) de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipiente(s). Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R3 Alto	Observa-se a presença de significativa(s) evidência(s) de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.). Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas.
R4 Muito Alto	As evidências de instabilidades (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em moradias ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, cicatrizes de escorregamento, feições erosivas, proximidade da moradia em relação ao córrego, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número e/ou magnitude. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas e prolongadas.

Fonte: CPRM (2019).

As áreas de riscos hidrológicos também foram classificadas, desde o risco baixo (R1) até o risco muito alto (R4), como descreve o Quadro 11.

Quadro 11 – Classificação de grau de risco hidrológico CPRM 2019

Grau de risco	Descrição
R1 Baixo	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com baixo potencial de causar danos. Baixa frequência de ocorrência (sem registros de ocorrências nos últimos cinco anos).
R2 Médio	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com médio potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos).
R3 Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Média frequência de ocorrência (registro de uma ocorrência significativa nos últimos cinco anos) e envolvendo moradias de alta vulnerabilidade.
R4 Muito Alto	Drenagem ou compartimentos de drenagem sujeitos a processos com alto potencial de causar danos. Alta frequência de ocorrência (pelo menos três eventos significativos em cinco anos) e envolvendo moradias com alta vulnerabilidade.

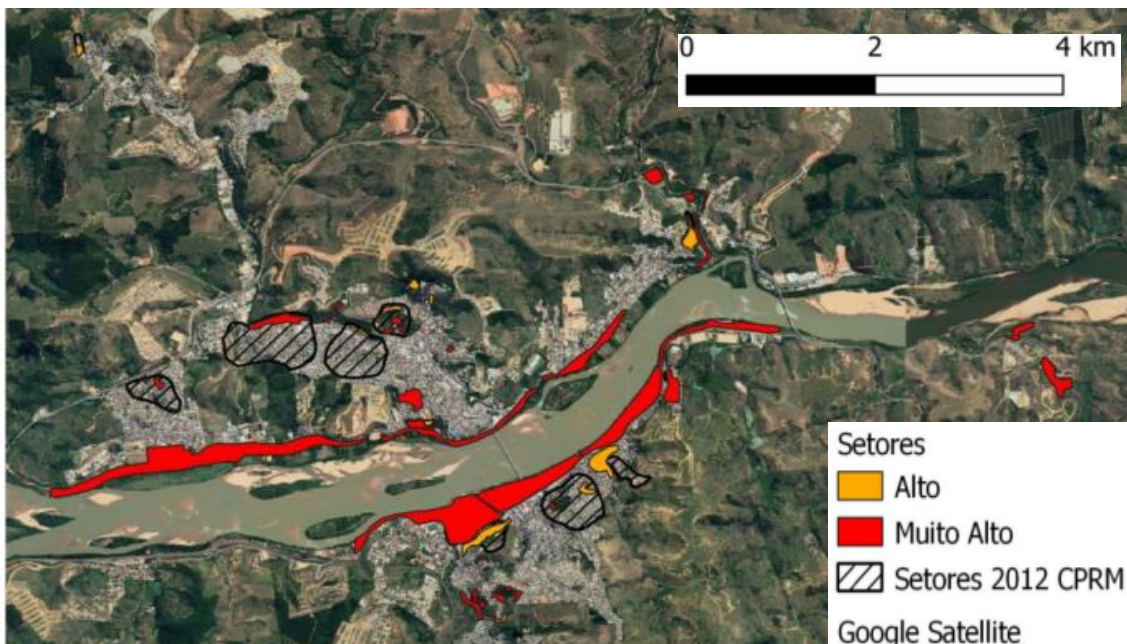
Fonte: CPRM (2019).

Na transição do mapeamento de 2012 para o de 2019, houve o aumento de 30 áreas de risco identificadas (Figura 9). Algumas áreas do primeiro relatório deixaram de ser caracterizadas como regiões de risco alto ou muito alto, enquanto, outras áreas tiveram seus riscos aumentados.

Ainda, outros recortes foram incluídos, em função de seu surgimento posterior aos novos eventos de precipitação intensa ou da expansão urbana sobre áreas suscetíveis. Foram apresentadas a localização, o grau de risco, a tipologia e a situação atual de cada setor, além da comparação entre estes.

No mapeamento de regiões de risco, realizado em 2019, foram indicadas 46 áreas. Diferentemente do mapeamento anterior, no qual os setores eram pouco detalhados e englobavam áreas muito grandes, o novo diagnóstico apresentou áreas mais fragmentadas, especialmente em relação aos riscos geológicos. Predominantemente, as áreas tiveram seu risco associado às ocupações que não contavam com adequado controle urbanístico frente à dinâmica hidrológica e geomorfológica do território.

Figura 9 – Setores de risco mapeados e classificados pela CPRM em 2012 e 2019



Fonte: CPRM (2019).

Além do levantamento e da classificação das áreas, o relatório também indicou uma série de sugestões de intervenções estruturantes e não estruturantes, com a finalidade de amenizar os danos causados pela ocorrência dos desastres naturais em Colatina.

4.4.3 Fonte de histórico de desastres naturais

A Defesa Civil adota duas ferramentas para registrar o histórico de desastres naturais no município: o Atlas de Desastres Naturais e o sistema S2ID. Além disso, os relatórios físicos das ocorrências são armazenados na unidade da Defesa Civil Municipal.

4.4.3.1 *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres*

O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID tem o objetivo de qualificar e dar transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil, digitalizando e disponibilizando os processos. No S2ID é possível:

[...] - Registrar desastres ocorridos no município/estado;

- Consultar e acompanhar os processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou de estado de calamidade pública;

- Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de resposta;

- Consultar e acompanhar os processos de transferência de recursos para ações de reconstrução; e

- Buscar informações sobre ocorrências e gestão de riscos e desastres com base em fontes de dados oficiais. No entanto, nem todas as ocorrências atendidas pela defesa civil são registradas no sistema, apenas as ocorrências com maior relevância, no caso, aquelas que afetam mais de uma família ou edificação são registradas no site (S2ID, 2022).

Conforme o Coordenador da Defesa Civil de Colatina, (2021), nota-se que o sistema ainda é falho, com problemas na alimentação de dados, tanto por falta de funcionários, quanto por ausência de capacitação técnica. Há diversos arquivos físicos que não constam no sistema *online*, tornando-o insuficiente para esta pesquisa.

4.4.3.2 *Unidade municipal da Defesa Civil de Colatina*

O mais completo acervo de informações acerca dos desastres naturais ocorridos em Colatina encontra-se, em formato físico, na unidade municipal da Defesa Civil. Portanto, o principal meio de consulta em relação às ocorrências dos desastres naturais registrados no recorte territorial e temporal da pesquisa – Colatina, em 2013 e 2020 – foram os arquivos físicos disponíveis. Deste material, foram extraídas informações importantes como: data do desastre, data de registro, tipo, localização, incidência de chuva, quantidade de imóveis/famílias afetadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados os principais resultados e discussões da pesquisa, sobretudo por meio da compilação de dados e elaboração de mapas e gráficos. Ressalta-se, que os dados utilizados para análises foram os dados absolutos, neste sentido, limitam a análise dos resultados, uma vez que não são relacionados com a população onde ocorreram os eventos. Para produção dos mapas, em sua maioria, os dados foram classificados em grupos por meio do método quebra natural de Jenks (*natural breaks*), que busca no processo de agrupamento dos dados, minimizar a variação dentro das classes e maximizar a variação entre classes (Jenks & Caspall 1971). Este método impede a comparação entre grupos distintos de dados. Entretanto, produz menos distorções do que a classificação por intervalos iguais, pois a quebra natural de Jenks utiliza uma lógica de agrupar os valores semelhantes dentro de cada universo de dados trabalhados. Este método foi aplicado nos mapas com os seguintes dados: número de notificações de ocorrências de desastres hidrológicos e geológicos em 2013 e 2020; número de domicílios com arborização no entorno; número de domicílios com lixo no entorno e; número de domicílios com presença de bueiros e bocas de lobo no entorno. Este método permitiu demonstrar de que maneira os critérios analisados indicavam quais fatores influenciaram na ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina.

Os eventos de 2013 e 2020 foram brevemente contextualizados, em termos de localização, número de notificações por bairro e a tipologia do desastre, se hidrológico ou geológico. Propôs-se, ainda, uma análise acerca da pluviometria, em ambos os anos, com intuito de verificar possíveis elementos de influência. Investigou-se a relação com aspectos socioeconômicos. Efetuou-se o cálculo de coeficiente de escoamento nos anos 2013 e 2020, comparando-os. Depois, verificou-se a colaboração da ocupação urbana para as ocorrências verificadas e mencionou-se a existência de obras estruturantes realizadas em Colatina a fim de corroborarem à mitigação das ocorrências de desastres.

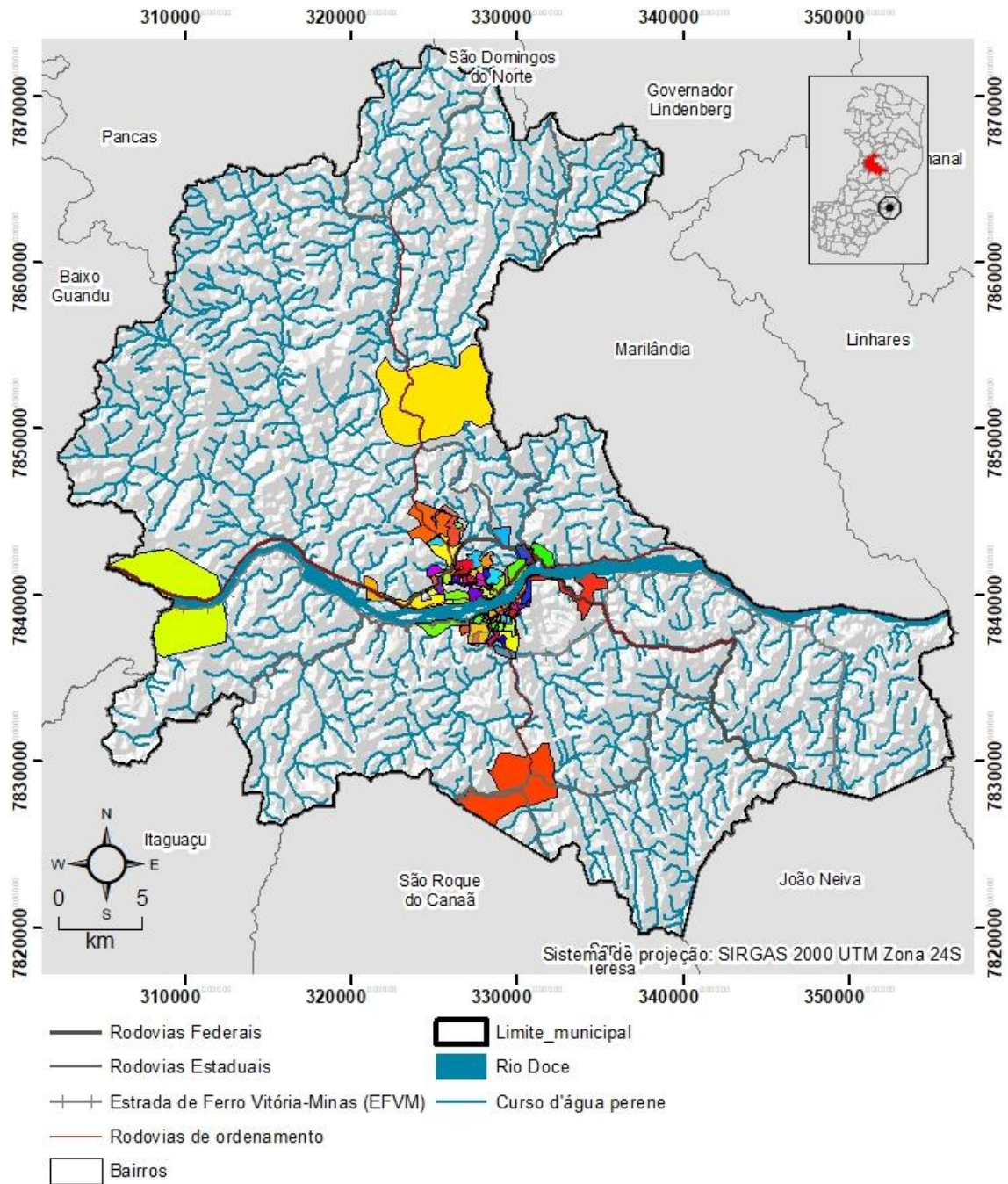
A seguir serão apresentados os resultados obtidos.

5.1 APRESENTAÇÃO DO CENÁRIO ESPACIAL ACERCA DOS BAIRROS AFETADOS

Traçou-se, neste tópico, um panorama acerca das ocorrências, classificando-as entre desastres hidrológicos e geológicos, e apontando quais foram os bairros afetados nos anos de 2013 e 2020. Tais desastres ocorreram em todo município, nas zonas urbana e rural.

Para fins de análise, o território colatinense foi subdividido em 74 áreas (Mapa 15). No mapa, pode-se visualizar a distribuição e a identificação de 71 bairros contíguos, na área de central do município (Sede municipal), além de 3 distritos afastados: Boapaba (em laranja), Gordiano Guimarães (em amarelo) e Itapina (em verde), que consistem em locais onde não foram registradas notificações.

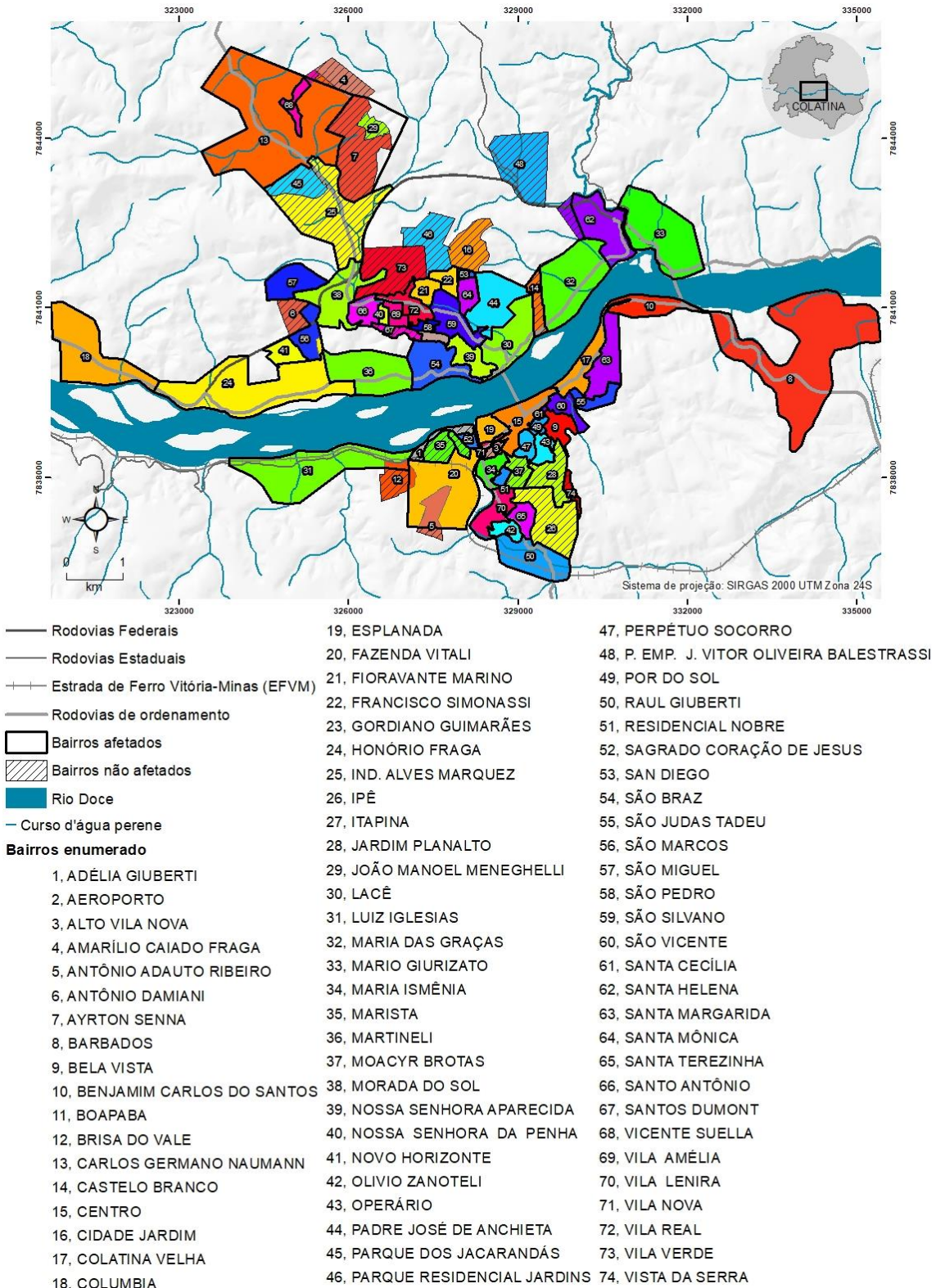
Mapa 15 – Apresentação das 74 áreas analisadas do território



Fonte: PMC e GEOBASES (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

Foram incluídas, no recorte da pesquisa, apenas as áreas urbanas onde houve notificações – especificamente nos bairros localizados dentro da mancha efetivamente urbanizada. Dos 74 bairros analisados, 47 bairros (63%) já foram afetados pelos desastres naturais relacionados às zonas urbanas nos anos de 2013 e/ou 2020 (Mapa 16).

Mapa 16 – Distribuição e identificação dos bairros da área efetivamente urbanizada



Fonte: PMC e GEOBASES (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

Por meio da Tabela 4, pode-se visualizar quais, dentre os 74 bairros listados, já sofreram eventos de desastres naturais relacionados às águas urbanas, classificando-

os em desastres hidrológicos e geológicos, além de indicar o ano de ocorrência e a quantidade de notificações registradas em cada ano.

Tabela 4 – Identificação de local, tipo e número de notificações registradas (Parte 1)

(Continua)

BAIRROS	DESASTRES			
	HIDROLÓGICOS		GEOLÓGICOS	
	2013	2020	2013	2020
1 - Adélia Giuberti	0	0	0	0
2 - Aeroporto	0	0	3	0
3 - Alto Vila Nova	0	0	0	0
4 - Amarílio Caiado Fraga	0	0	0	0
5 - Antônio Aduino Ribeiro	0	0	0	0
6 - Antônio Damiani	0	0	0	0
7 - Ayrton Senna	0	0	0	0
8 - Barbados	4	0	3	0
9 - Bela Vista	0	0	5	1
10 - Benjamin Carlos Dos Santos	0	0	2	1
11 - Boapaba	0	0	0	0
12 - Brisa Do Vale	0	0	0	0
13 - Carlos Germano Naumann	1	1	14	2
14 - Castelo Branco	0	0	0	0
15 - Centro	116	2	22	0
16 - Cidade Jardim	0	0	0	0
17 - Colatina Velha	10	2	13	0
18 - Columbia	1	0	7	4
19 - Esplanada	2	0	0	1
20 - Fazenda Vitali	0	0	1	0
21 - Fioravante Marino	2	0	2	0
22 - Francisco Simonassi	0	0	3	0
23 - Gordiano Guimarães	0	0	0	0
24 - Honório Fraga	1	1	5	0
25 - Ind. Alves Marquez	0	0	0	0
26 - Ipê	0	0	0	0
27 - Itapina	0	0	0	0
28 - Jardim Planalto	0	0	0	0
29 - João Manoel Meneghelli	0	0	0	0
30 - Lacê	2	0	4	0
31 - Luiz Iglesias	0	0	1	0
32 - Maria Das Graças	6	0	25	1
33 - Mário Giurizatto	0	0	7	2
34 - Maria Ismênia	8	0	11	2
35 - Marista	0	0	0	0
36 - Martineli	2	0	0	0
37 - Moacyr Brotas	0	0	0	0
38 - Morada Do Sol	0	0	5	2
39 - Nossa Senhora Aparecida	0	0	111	11
40 - Nossa Senhora Da Penha	0	0	0	1
41 - Novo Horizonte	1	0	7	1
42 - Olívio Zanoteli	0	0	4	0
43 - Operário	0	2	13	0
44 - Padre José De Anchieta	0	0	14	1

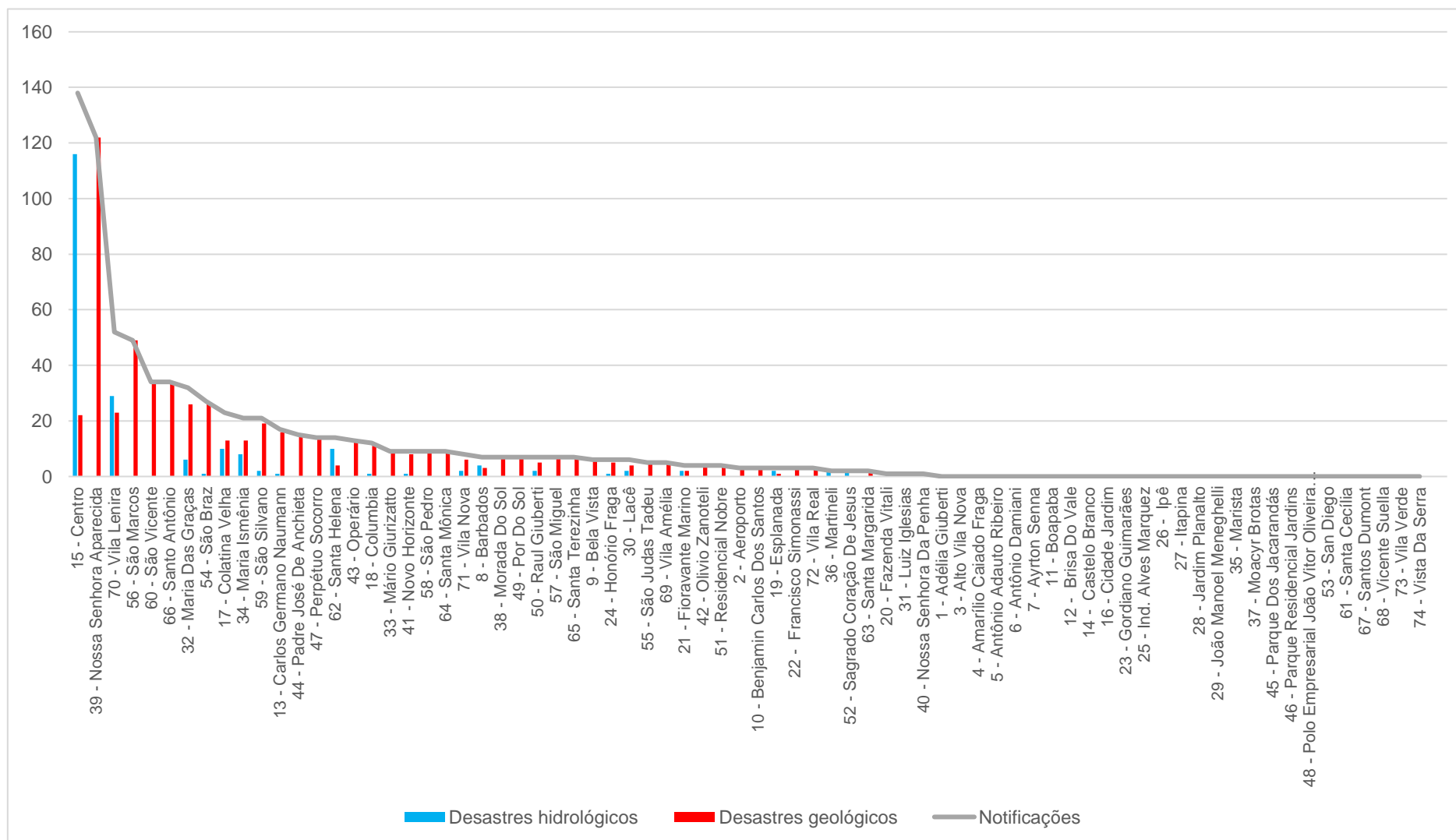
Tabela 45 – Identificação de local, tipo e número de notificações registradas (Parte 2)

	(Conclusão)			
45 - Parque Dos Jacarandás	0	0	0	0
46 - Parque Residencial Jardins	0	0	0	0
47 - Perpétuo Socorro	0	0	13	1
48 - Polo Empresarial João Vitor Oliveira Balestrassi	0	0	0	0
49 - Por Do Sol	0	0	7	0
50 - Raul Giuberti	2	0	5	0
51 - Residencial Nobre	0	0	3	1
52 - Sagrado Coração De Jesus	2	0	0	0
53 - San Diego	0	0	0	0
54 - São Braz	1	0	25	1
55 - São Judas Tadeu	0	0	3	2
56 - São Marcos	0	1	41	8
57 - São Miguel	0	0	6	1
58 - São Pedro	0	0	8	1
59 - São Silvano	2	2	12	7
60 - São Vicente	0	0	26	8
61 - Santa Cecília	0	0	0	0
62 - Santa Helena	10	0	4	0
63 - Santa Margarida	0	0	2	0
64 - Santa Mônica	0	0	9	0
65 - Santa Terezinha	0	0	6	1
66 - Santo Antônio	0	0	29	5
67 - Santos Dumont	0	0	0	0
68 - Vicente Suella	0	0	0	0
69 - Vila Amélia	0	0	4	1
70 - Vila Lenira	29	0	21	2
71 - Vila Nova	2	0	5	1
72 - Vila Real	0	0	0	3
73 - Vila Verde	0	0	0	0
74 - Vista Da Serra	0	0	0	0

Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Avaliou-se os bairros mais vulneráveis e atingidos pelos eventos, somando-se as notificações hidrológicas e geológicas, registradas em 2013 e 2020, bem como o número de registros realizados pela Defesa Civil Municipal. Ainda, foram apresentados os bairros onde não houve notificação de ocorrências (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Número de notificações registradas por bairro e tipo de desastre

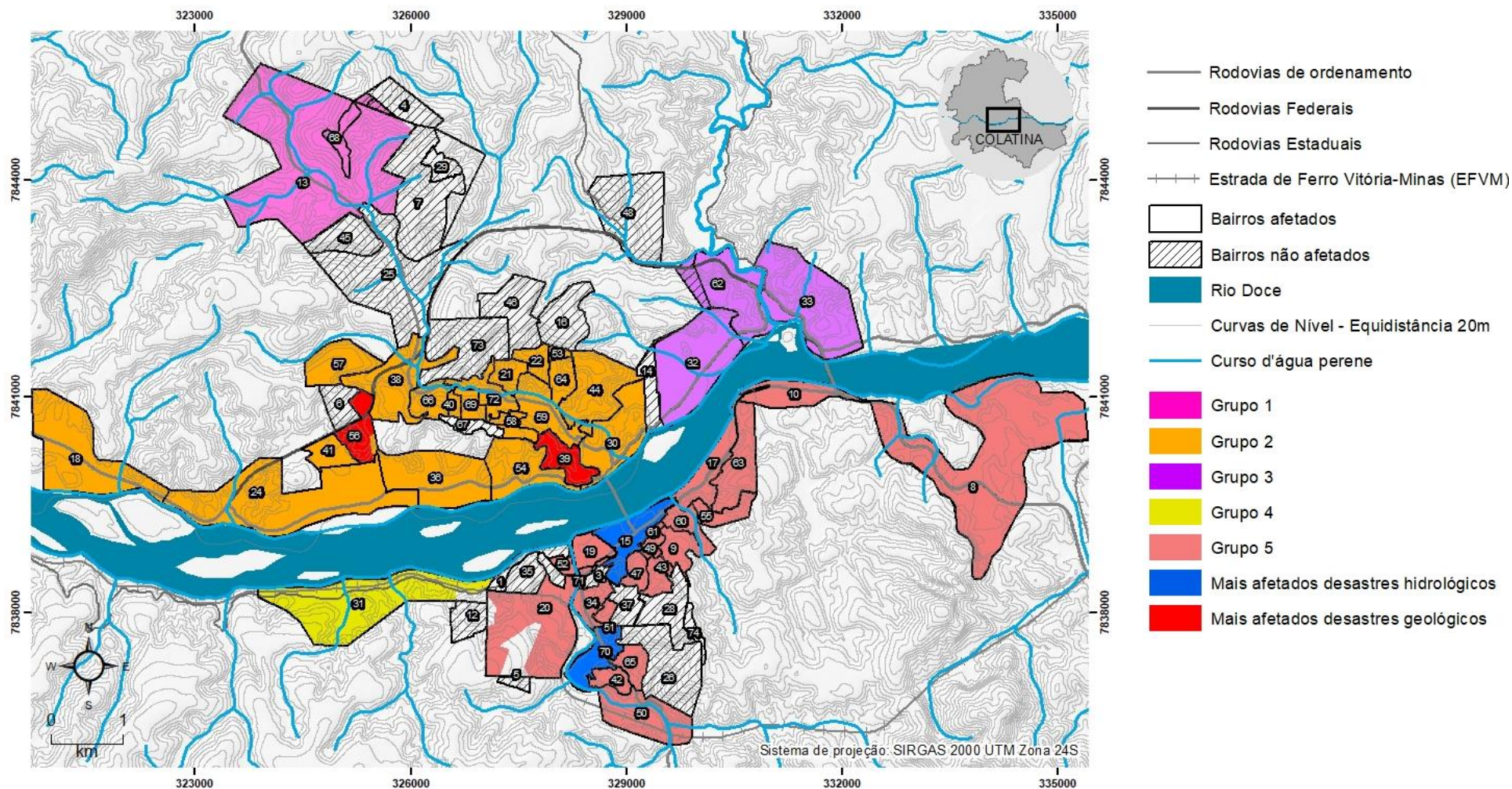


Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Considerando com o maior número de notificações relacionadas aos desastres hidrológico, o bairro Centro (15), foi o mais afetado. Já em relação à quantidade de desastres geológicos, o bairro Nossa Senhora Aparecida (39) se destacou.

Observou-se, também, que o bairro com maior número de notificações relacionadas aos desastres geológicos se localiza na parte Norte do município, enquanto o bairro com maior número de notificações relacionadas aos desastres hidrológicos fica localizado na parte Sul. Por isso, o tópico a seguir, será analisado a partir da contextualização dos grupos onde estes bairros estão inseridos. O Mapa 17 mostra os conjuntos de bairros afetados e não afetados, em cinco grupos determinados por contiguidade.

Mapa 17 – Grupos de bairros



Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

O Grupo 1 (magenta), é composto por dois bairros no lado norte do município, e se destaca pelo número de notificações relacionadas aos desastres geológicos. Neste grupo, nota-se a presença de corpos hídricos, além de alta declividades que corroboram para tais ocorrências. O Grupo 2 (laranja), é composto por 21 bairros localizados, também, à margem Norte do rio Doce. Neste grupo, os bairros são distribuídos em uma área maior e, parcialmente, possuem uma ocupação longilínea, com áreas próximas ao leito do rio Doce.

Existe, entretanto, neste grupo, grande diversidade quanto à morfologia dos terrenos, quando comparados os bairros entre si. Os bairros que não estão inclusos no grupo de ribeirinhos estão em áreas de alta declividade. Sob este aspecto, o Grupo 2 tem significativa vulnerabilidade para os desastres hidrológicos e para os geológicos.

No entanto, em âmbito geral, destaca-se, neste grupo, o alto número de notificações relacionadas aos desastres geológicos. Sobressaem-se, ainda, os bairros Nossa Senhora Aparecida (39) e São Marcos (56) como aqueles mais sofreram com este tipo de desastres (em vermelho).

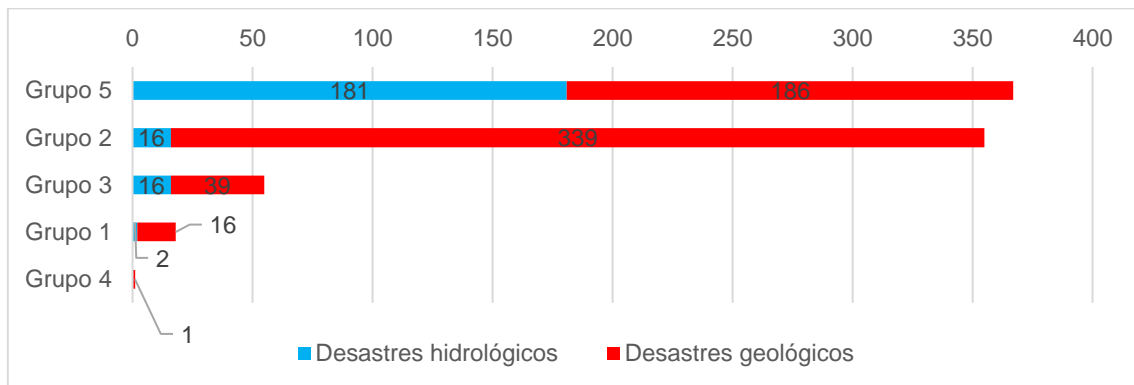
O Grupo 3 (roxo), localizado à margem Norte do rio Doce, é composto por 3 bairros, que são, tanto ribeirinhos, quanto de morfologia com alta declividade. Os bairros deste grupo estão, portanto, expostos aos desastres hidrológicos e geológicos. Entretanto, em relação às notificações de desastres, este grupo possui maior número associado aos geológicos.

O Grupo 4 (amarelo) conta, somente, com 1 bairro ribeirinho, localizado ao Sul do rio Doce. Nota-se que a área possui morfologia irregular, com acentuada declividade. Neste grupo, constatou-se, apenas, notificação de desastre geológico.

No Grupo 5 (rosa) há 22 bairros, localizados à margem Sul do rio Doce. Assim como o Grupo 2 este conjunto possui uma distribuição mais espreada – parcialmente longilínea, acompanhando o leito do Doce e, ainda, longilínea, acompanhando um importante efluente, além de bairros situados em alta declividade. Este grupo de bairros é vulnerável aos dois tipos de desastres. Destacam-se, contudo, neste grupo, os desastres hidrológicos, especialmente nos bairros com maior número de notificações deste tipo – o Centro (15) e o Vila Lenira (70).

Percebe-se, pelo Gráfico 6, que a parte Norte do município, onde estão localizados os Grupos 1, 2 e 3, possui maior número de notificações, além de predominar quanto às ocorrências de desastres geológicos, apontando a maior fragilidade destes grupos a este fator. Os bairros dos Grupos 4 e 5, situados à margem Sul, contabilizaram, também maior número de notificações relacionadas aos desastres geológicos em detrimento aos hidrológicos (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Número de notificações por tipo de desastre e grupo de bairros



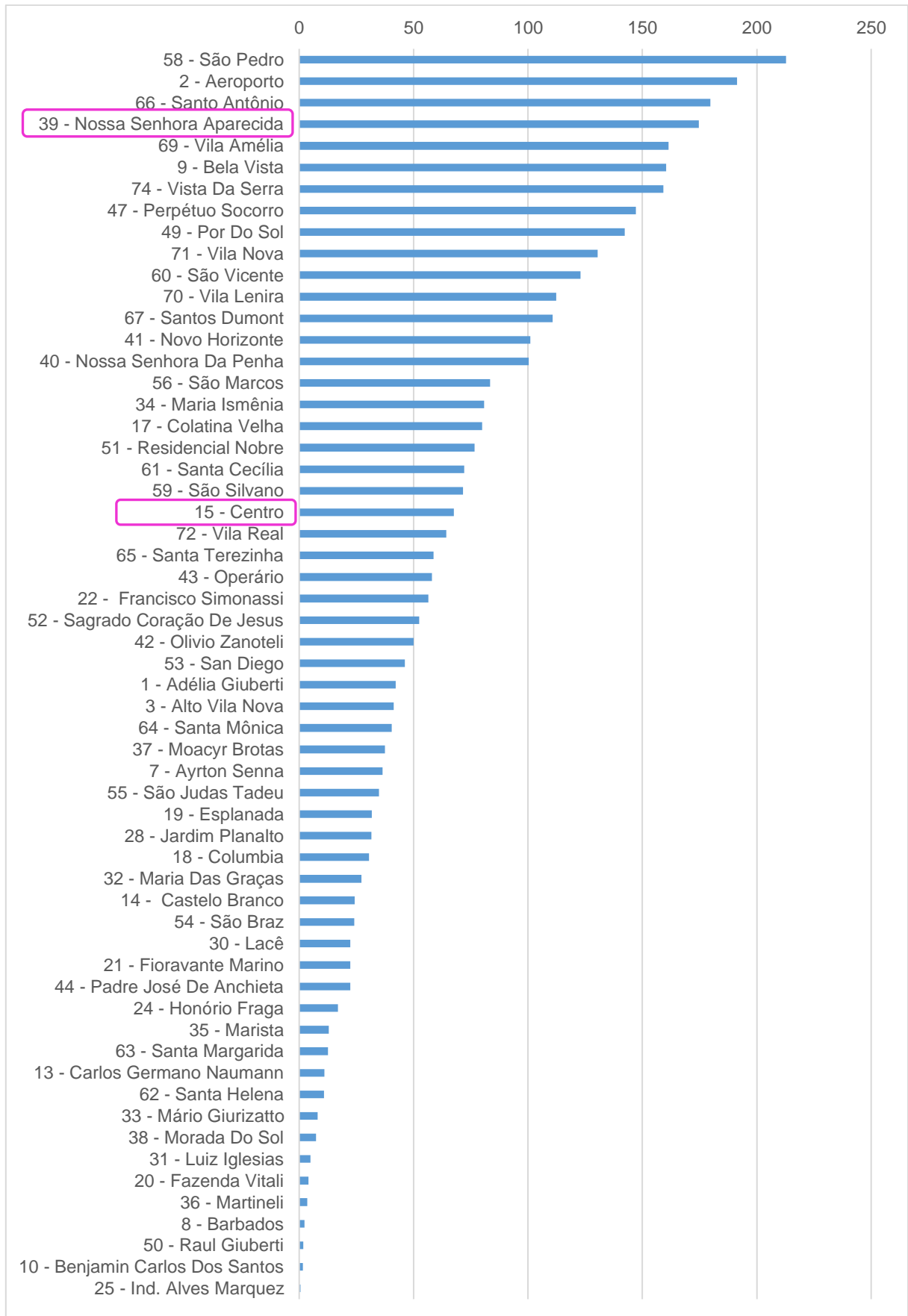
Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Nota-se, portanto, pouca diferença entre os números de notificações de desastres geológicos e hidrológicos, demonstrando que as localidades avaliadas estão sensivelmente vulneráveis aos dois tipos de ocorrências. Logo, buscou-se identificar os fatores influentes para tais cenários, a partir da análise da pluviometria do município nos anos de 2013 e 2020, investigando sua contribuição para tais ocorrências.

Pela ótica dos números de notificações registradas, os bairros Centro (15) e Nossa Senhora Aparecida (39) foram os mais afetados, sendo o primeiro pelos desastres hidrológicos e o segundo pelos desastres geológicos.

Ainda, para compreender a relação de influência entre os desastres naturais relacionados às águas urbanas e o grau de vulnerabilidade dos bairros, é importante considerar a densidade populacional de cada bairro. A quantidade de população interfere na ocupação e, por consequência, na impermeabilização do solo. Neste sentido, o Gráfico 7 – Densidade populacional (hab/ha) mostra o número de moradores por hectares em cada bairro.

Gráfico 7 – Densidade populacional (hab/ha)



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Percebe-se que o bairro Nossa Senhora Aparecida (39) é o quarto com maior densidade (174,58 hab/hec), já o bairro Centro (15) ocupa a vigésima segunda posição (67,53 hab/hec). Portanto, estes dois bairros se destacam como os mais afetados, por meio da influência de três fatores principais: a densidade populacional, a localização (área ribeirinha e área de alta declividade), além do grande número de notificações registradas.

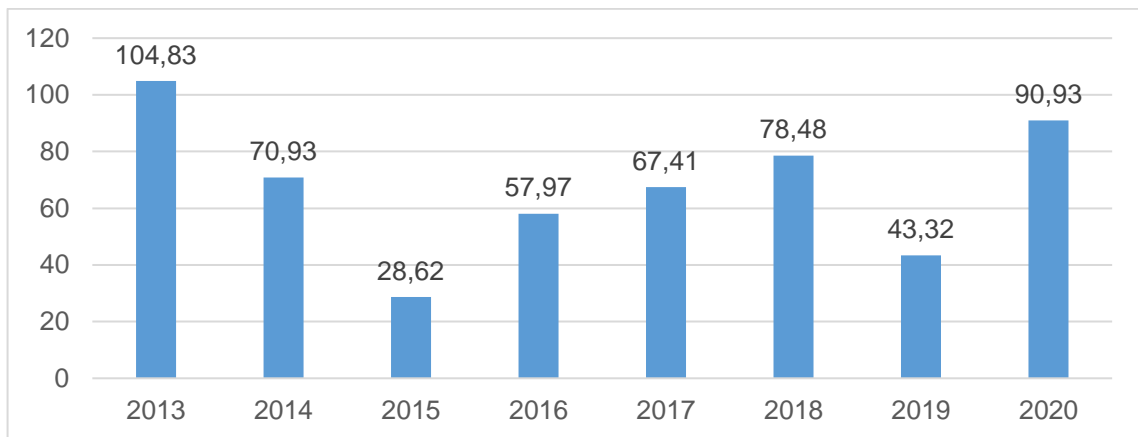
5.2 PLUVIOMETRIA

Dentre os compartimentos do ciclo hidrológico, o movimento da água é composto por processos de evapotranspiração, condensação, precipitação, infiltração, percolação, derretimento de neve e escoamento (SERAPHIM, 2018). Este trabalho, que trata das ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, investiga, principalmente, a associação de dois destes processos, que estão estreitamente vinculados: a precipitação e o escoamento.

No Brasil, o principal tipo de precipitação é a chuva, especialmente em função da sua capacidade de produzir escoamento superficial (BERTONI, 2007). Chuvas que são distribuídas ao longo do tempo e, quando ocorrem com pouca intensidade, são capazes de promover uma infiltração maior, pois a velocidade de infiltração pode ser linear em relação à altura de precipitação gerada. No entanto, chuvas torrenciais contribuem para o escoamento superficial direto.

É importante avaliar também a duração das chuvas, já que a taxa de infiltração da água no solo diminui proporcionalmente à saturação do mesmo. Desta forma, o processo de escoamento superficial se inicia quando a taxa de precipitação supera a taxa de infiltração e retenção de água do solo (SERAPHIM; BEZERRA, 2019). Compreendendo a relevância da chuva na ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas, o Gráfico 8 expõe a pluviosidade média anual do ano 2013 a 2020.

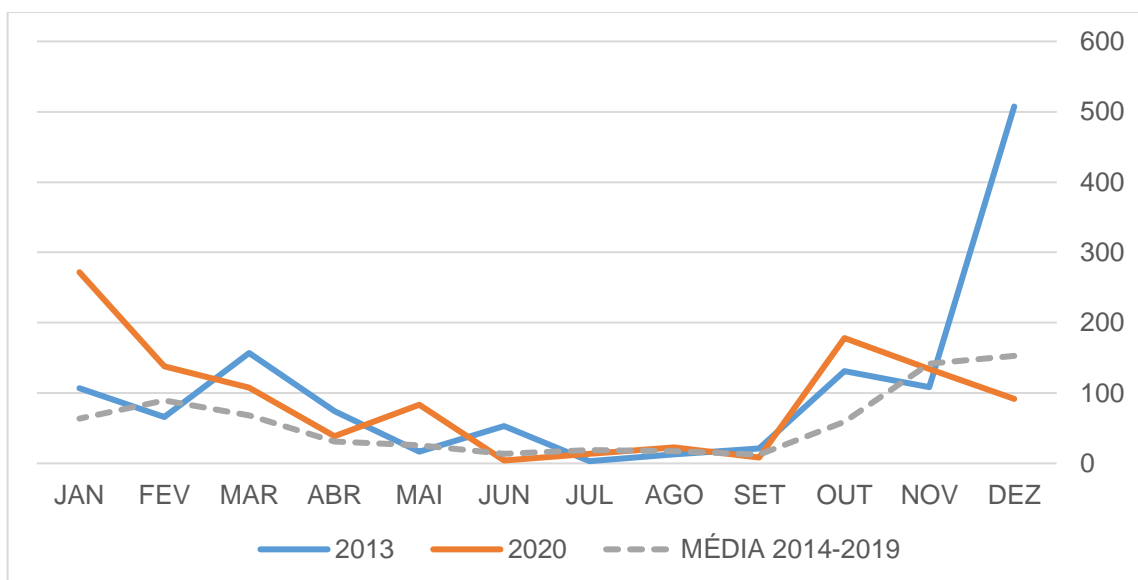
Gráfico 8 – Pluviosidade média anual (mm) nos anos de 2013 a 2020



Fonte: ANA (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

É possível perceber que os anos com maiores índices pluviométricos foram os de 2013 e 2020, corroborando com os dados Defesa Civil Municipal, nos quais verificou-se maior quantidade de notificações – 719 e 84, respectivamente. O Gráfico 9 mostra a média da pluviosidade mensal dos anos de 2013 e 2020 isoladamente, além de apresentar a média mensal dos anos dentro deste intervalo (2014-2019).

Gráfico 9 – pluviosidade média mensal (mm) nos anos de 2013 a 2020



Fonte: ANA (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Depreende-se, portanto, a existência de uma relação entre a pluviosidade e a ocorrência de desastres, já que 2013 e 2020 foram os anos com maiores picos de chuvas, enquanto o intervalo entre eles apareceu de forma sutil, sendo possível verificar que a intensidade e frequência de chuva influenciaram nos eventos e em suas

magnitudes. Outro aspecto em destaque é que, apesar de as pluviosidades médias em 2013 e 2020 serem muito próximas, há grande concentração, durante o mês de dezembro, apenas em 2013. Por isso, o tópico a seguir traz o detalhamento dos cenários de 2013 e 2020, em relação às ocorrências, permitindo posterior investigação das transformações e diferenças.

5.3 SISTEMATIZAÇÃO DO LEVANTAMENTO DE DADOS EM 2013 E 2020

Na pesquisa de campo, realizada entre os meses de dezembro de 2021 e janeiro de 2022, foram feitas diversas visitas à Unidade Municipal da Defesa Civil de Colatina, onde obteve-se acesso aos arquivos físicos referentes às ocorrências de desastres naturais no município. O objetivo das visitas foi quantificar e caracterizar os desastres naturais ocorridos em Colatina nos períodos das enchentes de 2013 e de 2020. A caracterização de cada ocorrência foi feita indicando: a) localização (o endereço); b) data; c) tipologia do desastre (desastre hidrológico ou desastre geológico); d) número de pessoas afetadas; e) incidência de chuva (data, local e quantidade de chuva precipitada).

No entanto, as informações disponíveis estavam registradas e separadas de três formatações distintas. A primeira, por meio de um boletim de ocorrência elaborado por um membro Corpo de Bombeiros, após atendimento a alguma vítima, que caracterizava o documento mais completo, no qual foi possível extrair as informações pretendidas, exceto o número exato de pessoas afetadas.

A segunda, por meio do registro anexado ao boletim de ocorrência dos bombeiros, tratando-se de um modelo de relatório produzido pela própria Defesa Civil, no formato *checklist*, com espaços para descrições. Este documento era completo e, igualmente, permitia, extrair as informações pretendidas.

Entretanto, novamente, esta formatação não dispunha do número de pessoas afetadas pela ocorrência, mas fornecia informações complementares, como o tipo de uso do imóvel afetado, se consistia em uso residencial ou comercial, além da apresentação de registros fotográficos anexados. Estes dois tipos de documentos eram encontrados num mesmo arquivo, originados de um processo para solicitação de atendimento e um relatório da ocorrência.

Tais arquivos foram utilizados para que os afetados pudessem requerer algum tipo de auxílio. Por isso, havia grande quantidade de informações acerca dos fatos e dos afetados, como os documentos pessoais de pessoas físicas e registro de CNPJ das pessoas jurídicas. Cerca de 200 arquivos apresentavam este formato e foram analisados. Contudo, nem todos tratavam de ocorrência dos desastres naturais investigados nesta pesquisa, sendo, alguns, referentes a outros tipos de desastres naturais e a outros atendimentos realizados pela defesa civil e corpo de bombeiros.

A terceira formatação foi utilizada nesta pesquisa. Os arquivos estavam separados em pastas referentes, apenas, às ocorrências relacionadas às enchentes, com ocorrências de 2013 – cerca de 1000 notificações –, além de outras pastas com os registros de 2020 – com cerca de 160 registros.

Este acervo representa o maior montante de registros de ocorrências dos desastres. Todavia, o acervo possui o formato mais simples e, conseqüentemente, mais pobre em informações, indicando, somente, a solicitação de atendimento por parte do afetado, caracterizando um formulário de primeiro atendimento.

O documento obtido é conciso e requisita poucas informações, como nome, endereço e número de contato do solicitante, data da solicitação e um espaço para a descrição da queixa. Por vezes, constatou-se que, mesmo os poucos dados requeridos neste formulário, estavam ausentes, pois abordavam notificações e não eram produzidos pela Defesa Civil.

Na compilação dos arquivos, verificou-se a impossibilidade de obtenção dos dados pretendidos, pois os documentos que serviram de fonte eram as notificações, que não contavam com uma descrição objetiva quanto ao evento, não informavam a quantidade de afetados, a tipologia e data exata da ocorrência e, conseqüentemente impossibilitavam a averiguação de incidência de chuva. Além disso, existiam notificações de municípios diferentes acerca de um mesmo evento e, ainda, registros de ocorrências em áreas rurais, que não foram consideradas por estarem externas à área de recorte da pesquisa.

Portanto, neste trabalho, com a finalidade de quantificar, aproximadamente, as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, utilizou-se o

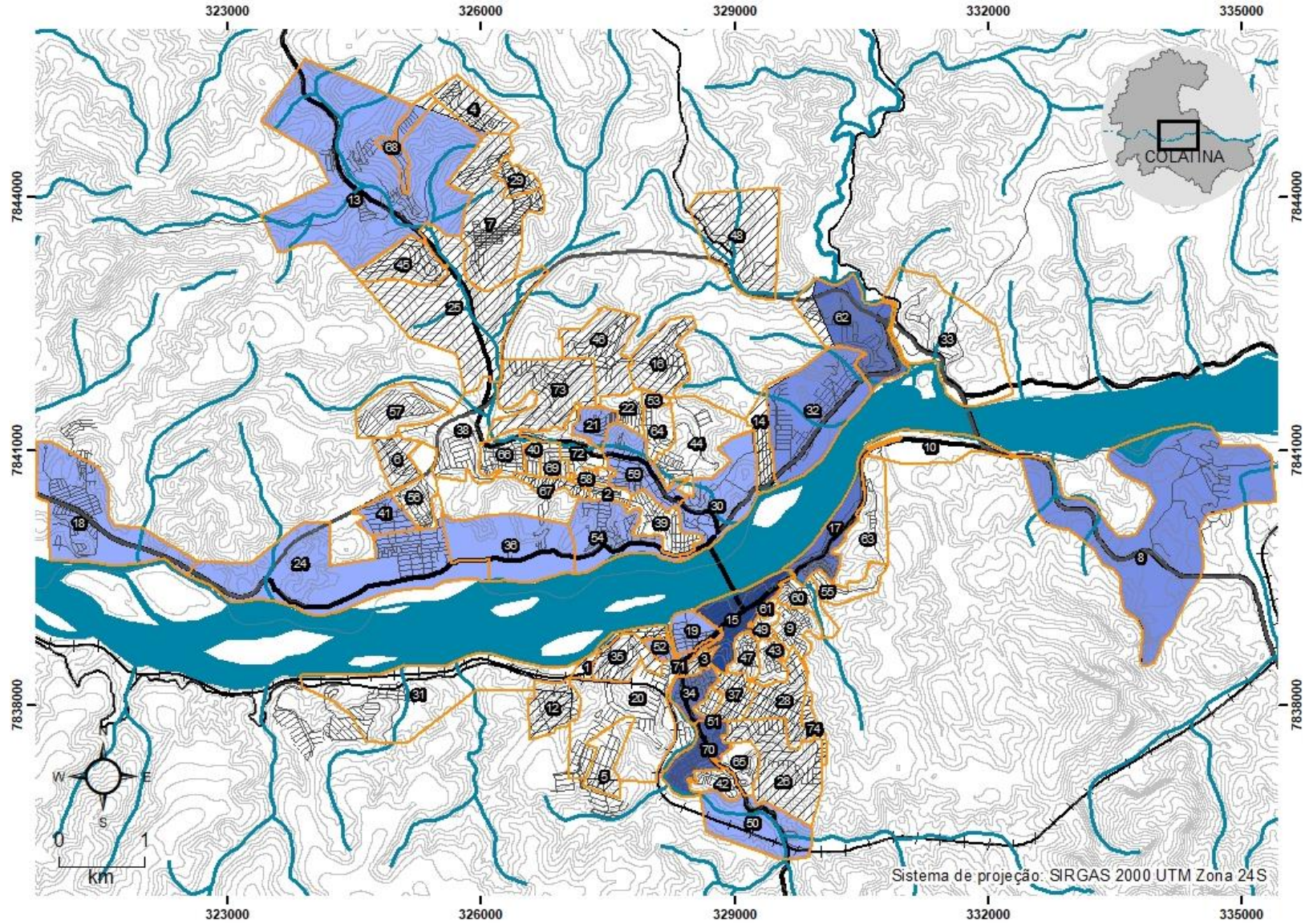
número de solicitações de atendimentos. Assim, as notificações, disponibilizadas pela Defesa Civil Municipal permitiram alcançar uma estimativa acerca dos eventos.

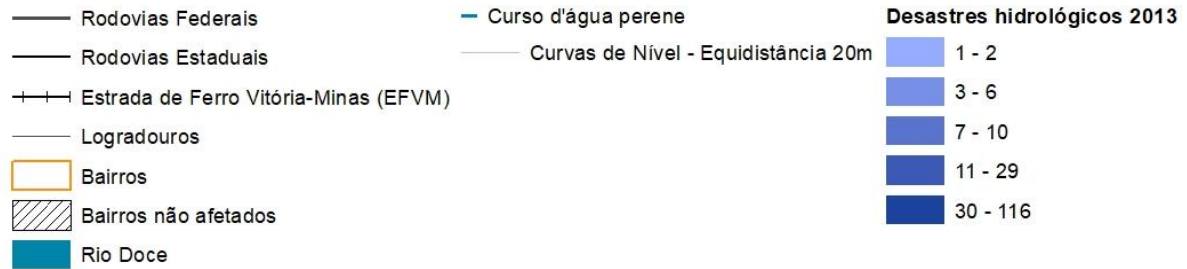
Sobre os arquivos analisados, após a verificação da disponibilidade de dados referentes aos desastres naturais ocorridos em Colatina, foi necessário reavaliar os dados pretendidos para investigação. Assim, foram elencados, para análise, os seguintes tópicos: a) localização (bairro); b) ano do fato (anteriormente o intuito era indicar a data exata); c) tipologia do desastre (desastre hidrológico ou desastre geológico); d) número de notificações (anteriormente eram número de afetados); e) média pluviométrica anual (anteriormente eram incidência de chuva na data exata do evento); f) data do registo da ocorrência; e g) tipo de uso (comercial ou residencial).

5.3.1 Notificações relacionadas às águas urbanas em 2013

Foram averiguados, aproximadamente, 1200 documentos, dos quais 719 apresentaram informações relevantes à pesquisa acerca dos desastres naturais oriundos das enchentes de 2013, destacando que, como abordado anteriormente, a compilação de dados teve origem na identificação de desastres geológicos e hidrológicos. Em relação a investigação dos eventos hidrológicos, o Mapa 18 mostra a disposição dos locais afetados e indica em quais houve mais registros de notificações.

Mapa 18 – Localização e número de notificações de desastres hidrológicos em 2013





Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

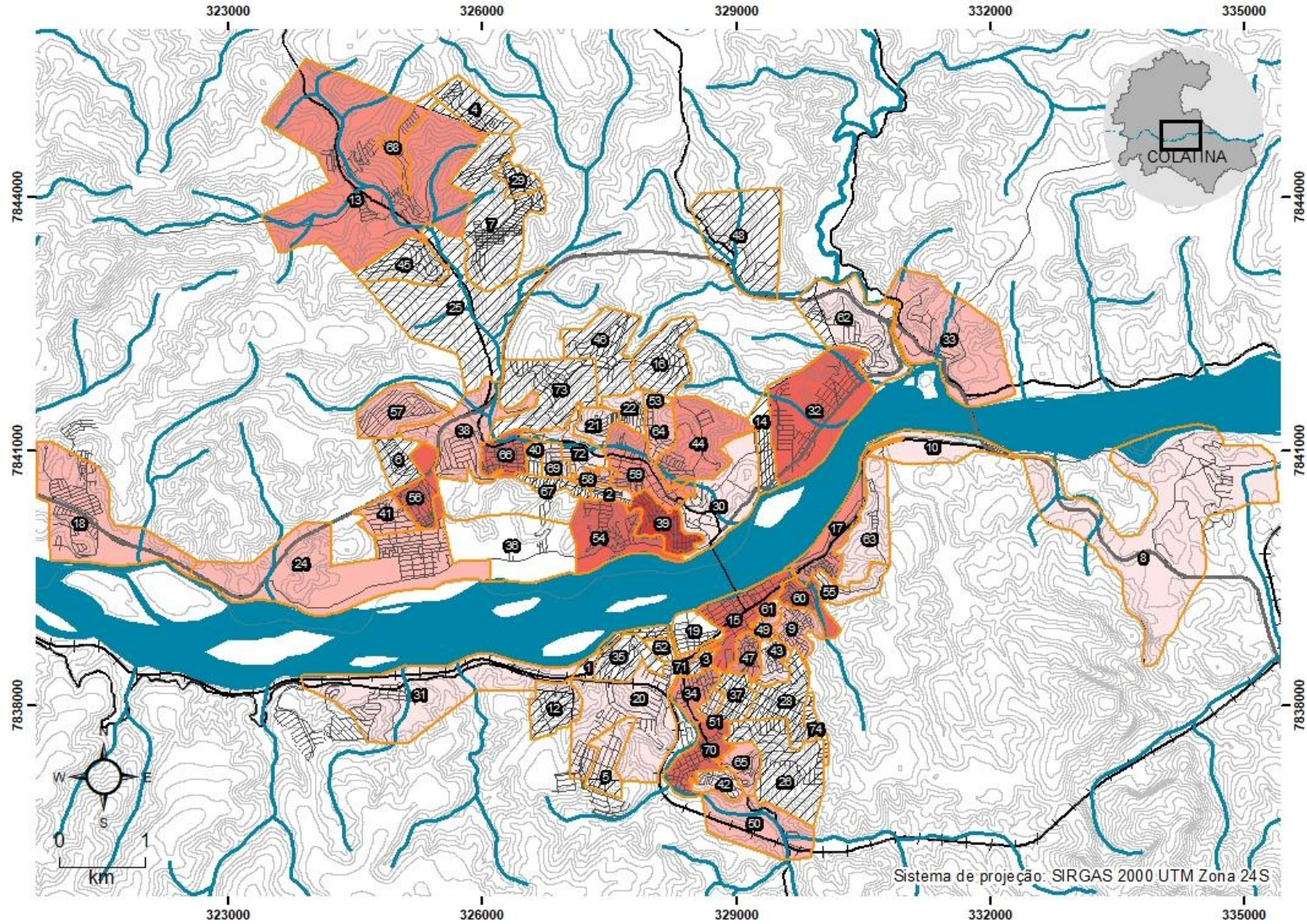
No Mapa 18, também foi possível observar que o bairro Centro (15), com 116 notificações, se destaca em relação às ocorrências de desastres hidrológicos em 2013. Em seguida, os bairros com maior número de notificações foram Vila Lenira (70), com 29 notificações, Santa Helena (62) e Colatina Velha (17), com 10 notificações (cada), e Maria Ismênia (34), com 8 notificações.

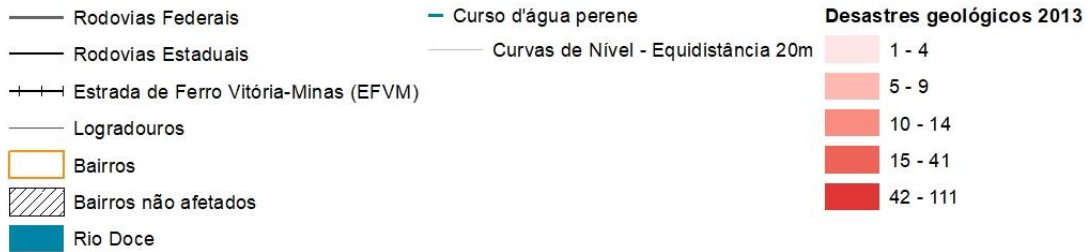
Os demais bairros contabilizaram menos de 7 notificações (cada). Destaca-se que que 3 dos 5 bairros, ficam à beira do rio Doce – Centro, Santa Helena e Colatina Velha. Já os bairros Vila Lenira e Maria Ismênia ficam à margem de um importante efluente. Nota-se, portanto, que os 5 bairros ficam em áreas ribeirinhas e relativamente planas, estando mais vulneráveis a este tipo de desastre.

Já o Mapa 19 apresenta a localização e número de notificações de desastres geológicos durante a enchente de 2013. Destacam-se os bairros Nossa Senhora Aparecida (39), com 111 notificações, São Marcos (56), com 41, Santo Antônio (66), com 29, São Vicente (60), com 26, São Brás (54), com 25, Maria das Graças (32), com 25, Centro (15), com 22, Vila Lenira (70), com 21, Carlos Germano Naumann (13), com 14, e Padre José de Anchieta (44), com 14.

Majoritariamente, estes bairros ficam localizados em áreas de altas declividades, o que favorece a ocorrência de movimentos de massa. Por outro lado, os bairros Centro, Vila Lenira e Maria das Graças, estão em áreas relativamente planas, mas o grande número de notificações pode ser explicado pelo longo período em que estes bairros – ribeirinhos – ficaram parcialmente submersos, contribuindo para a incidência deste tipo de desastre.

Mapa 19 – Localização e número de solicitações de notificações de desastres geológicos em 2013

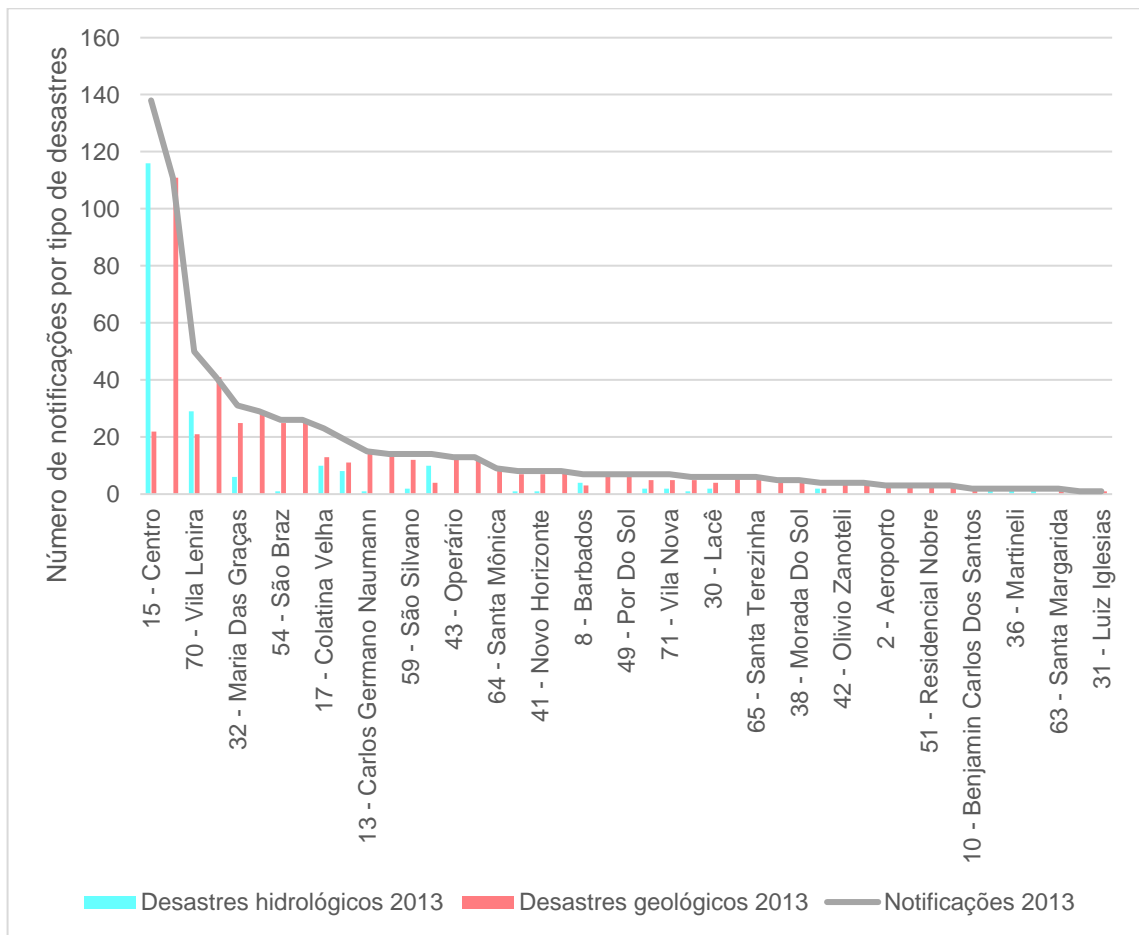




Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

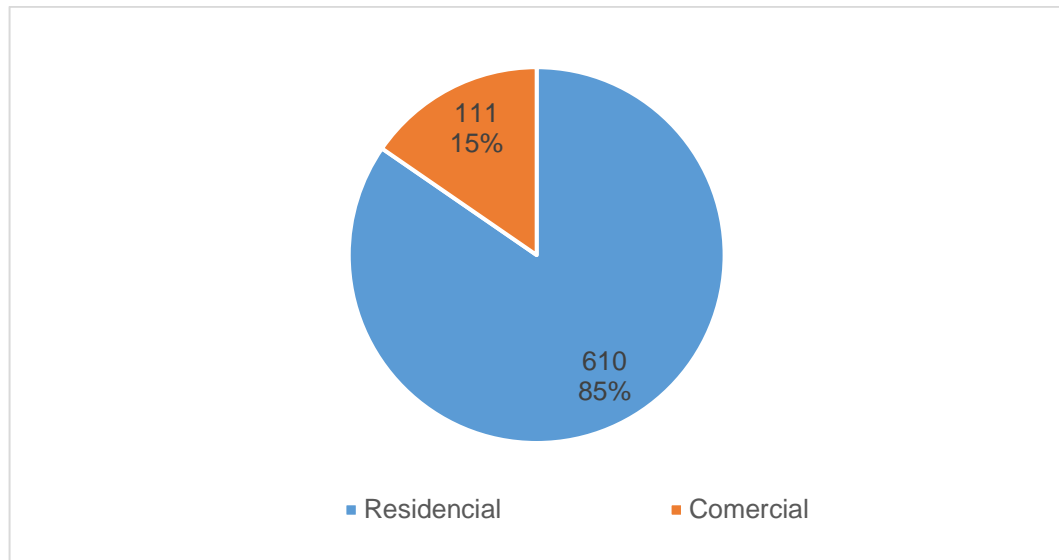
Contatou-se, também, que as notificações de desastres geológicos corresponderam a 71% das ocorrências, enquanto os desastres hidrológicos contabilizaram 29% dos registros. Ainda, afere-se que, no ano de 2013, 44 bairros foram atingidos por desastres, correspondendo a 59,45% dos bairros da Sede do município (Gráfico 10). Finalmente, averiguou-se que a maior parte dos imóveis afetados eram de uso residencial, sendo 85%, enquanto o uso comercial foi de 15% (Gráfico 11).

Gráfico 10 – Número de notificações de desastres por bairro em 2013



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Gráfico 11 – Tipo de uso dos imóveis afetados em 2013



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Em relação aos desastres ecológicos, algumas áreas foram mais prejudicadas, como apresentado na Figura 10 e Fotografia 6, ilustrando o bairro São Marcos (G1, 2013), onde houve um grave deslizamento de encostas, com desabamento de quatro casas, uma morte e cinco desaparecimentos. Entretanto, a região ainda permanecia ocupada em 2016 (SIMÕES, 2016).

Figura 10 – Reportagem deslizamento de terra em Colatina



Fonte: G1 (2013).

Fotografia 6 – Reportagem deslizamento de terra em Colatina



Fonte: G1 (2013).

Em geral, considerando as perdas materiais e humanas sofridas pelo município no ano de 2013, que foram provenientes das ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, além do alto número de notificações e o elevado número de bairros que foram afetados, percebeu-se a alta vulnerabilidade do município em relação a tais eventos. Neste sentido, buscou-se investigar o ano de 2020, a fim de analisar as semelhanças e diferenças dos cenários em relação a esses eventos, no intuito de verificar se o município evoluiu na capacidade de lidar com tais adversidades.

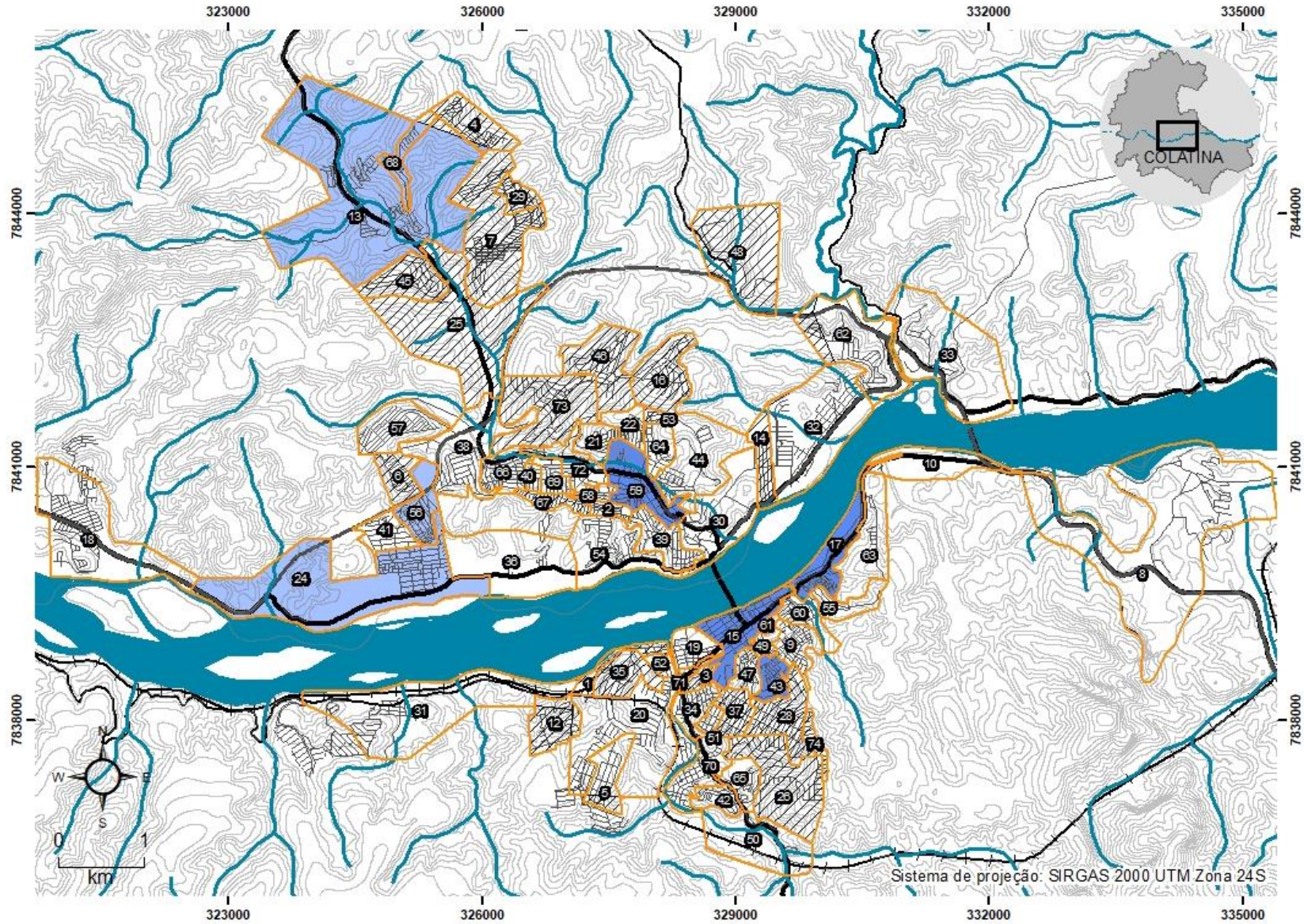
5.3.2 Notificações relacionadas às águas urbanas em 2020

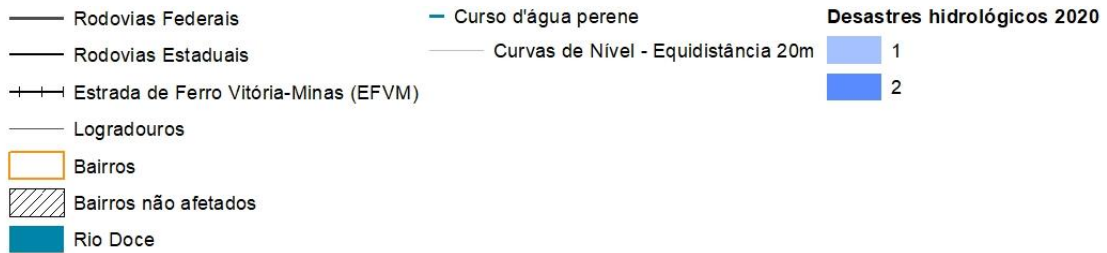
De acordo com dados extraídos na Defesa Civil Municipal, 2020 foi o ano mais recente com maior número de ocorrência de desastres naturais. Este ano foi analisado utilizando os mesmos critérios de análises da pesquisa do ano de 2013.

Em 2020 foram contabilizadas cerca de 160 notificações relacionadas à ocorrência de desastres naturais no município. Em relação aos desastres hidrológicos, o Mapa 20 mostra quais bairros foram mais afetados e quantas notificações foram efetuadas.

Percebe-se, no mapa, uma redução no número de bairros afetados e, dentre estes bairros, o número de notificações apresentados foi significativamente menor, variando entre uma e duas. Ainda, percebe-se que de forma majoritária, os bairros afetados foram os mesmo de 2013, neste sentido, nota-se de similaridade entre eles a proximidade com cursos d'água.

Mapa 20 – Localização e número de notificações de ocorrências de desastres hidrológicos em 2020





Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

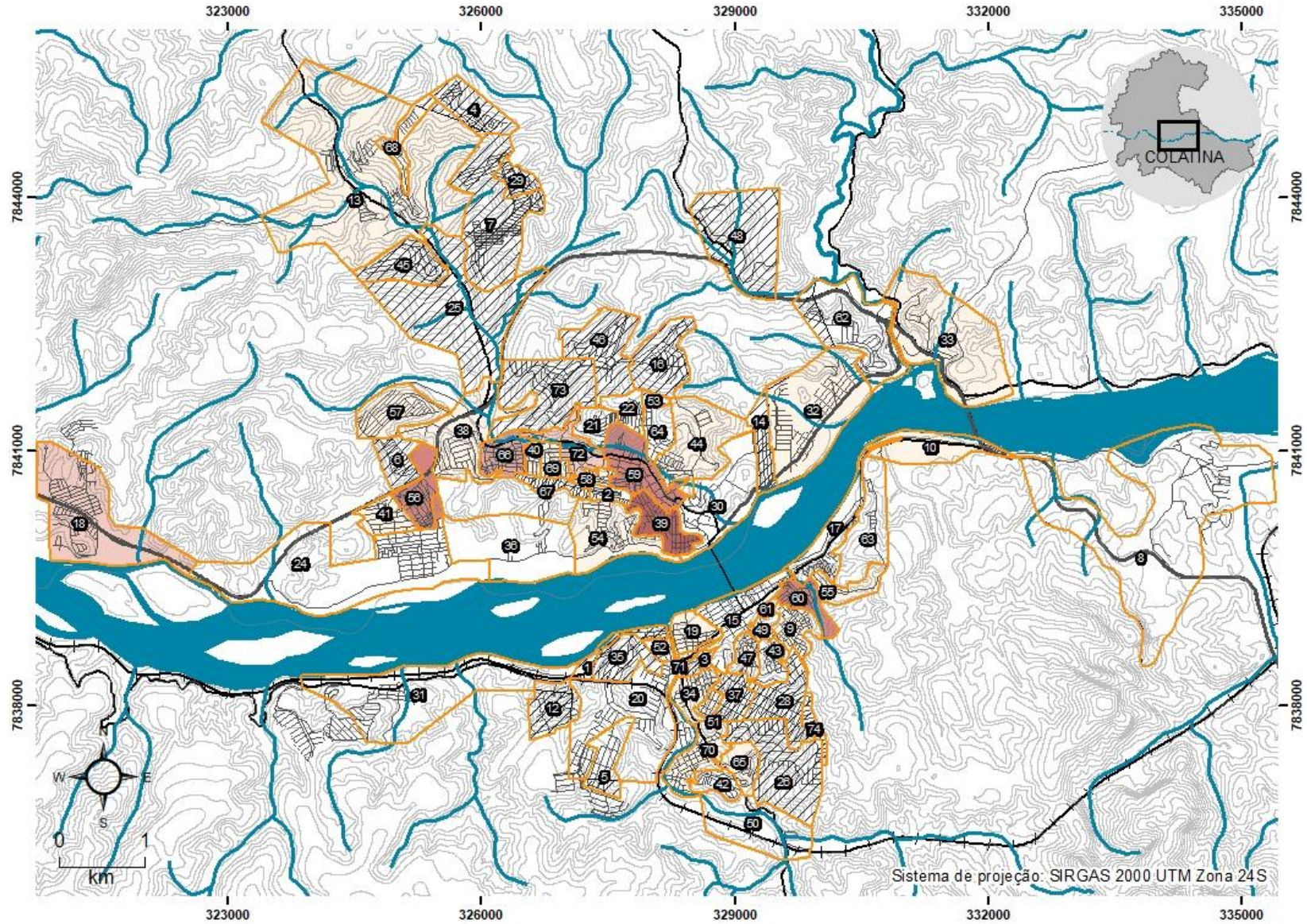
Em 2020, de maneira geral, o município sofreu significativamente menos com as ocorrências de desastres hidrológicos. Entretanto, houve notificações em 2 bairros antes não registrados, o Operário (43) e o São Marcos (56). Nenhum dos dois bairros possui proximidade a cursos d'água e ambos se localizam em áreas de alta declividade.

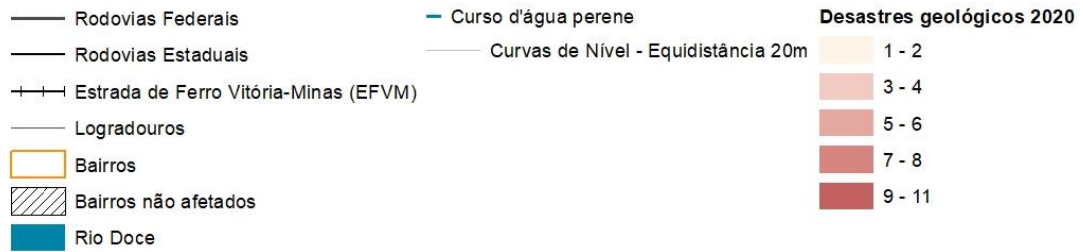
Percebe-se uma redução no número de bairros afetados e, dentre eles, o decréscimo no número de notificações, revezando entre 1 e 2. Nota-se, ainda, que, majoritariamente, os bairros afetados foram os mesmo de 2013, apresentando, como fator de similaridade entre eles, a proximidade com cursos d'água.

O Mapa 21 mostra o número de solicitações de atendimento de ocorrências relacionadas aos desastres geológicos e aponta, também, quais os locais de ocorrência. Semelhante ao cenário de desastres hidrológicos em 2020, destaca-se uma relevante redução no número de bairros afetados e, também, o decréscimo no número de notificações.

Assim como em 2013, quanto a este tipo de desastre, percebe-se que a margem Norte do rio Doce foi mais atingida, e que os bairros afetados estão situados em áreas de alta declividade. O bairro Nossa Senhora Aparecida (39) aparece em destaque, novamente, mas com significativa redução, se comparado a 2013.

Mapa 21 – Localização e número de solicitações de atendimento de ocorrências de desastres geológicos em 2020

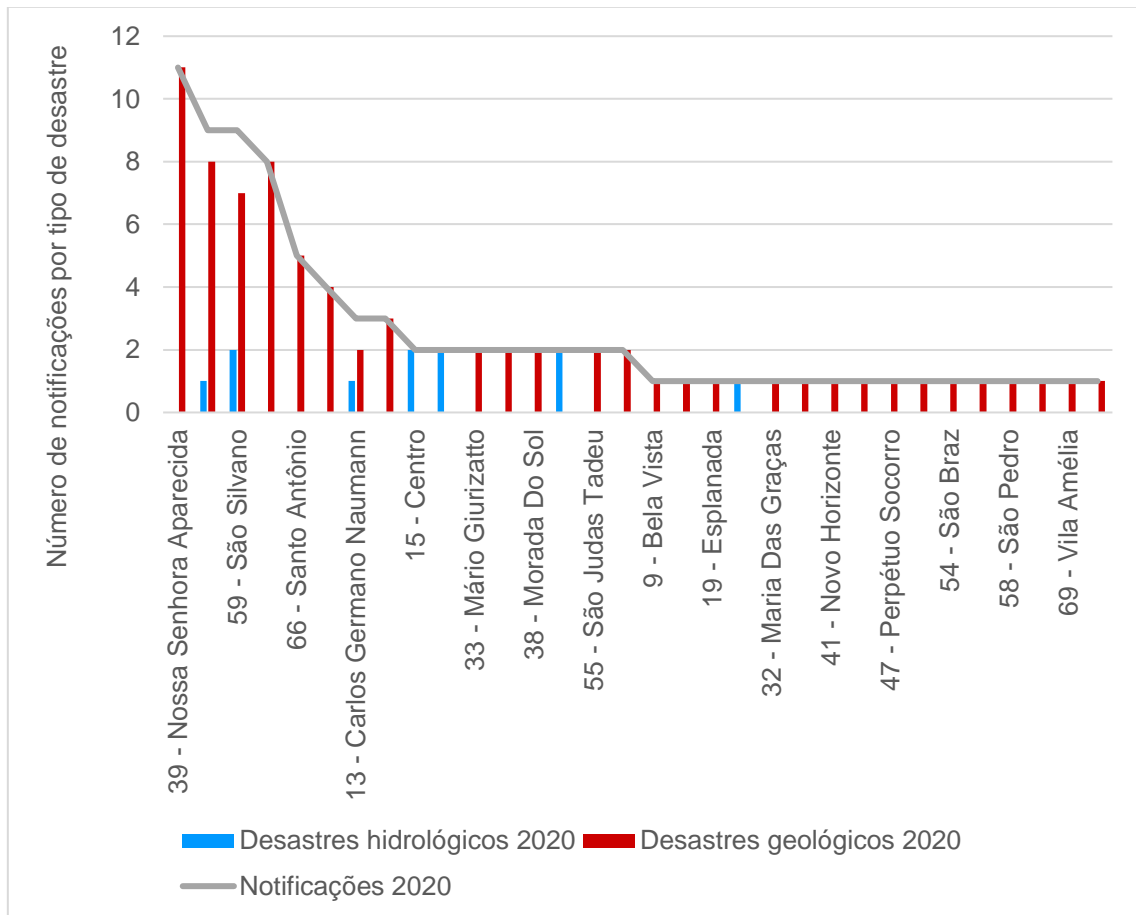




Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Mapa elaborado pela autora (2022).

Em 2020, em relação ao número total de solicitações de atendimentos de ocorrência de desastres naturais, como mostra o Gráfico 12, 13% foram eventos de desastres hidrológicos enquanto em 87% ocorreram desastres geológicos. Neste ano, 34 bairros foram atingidos, resultando em 45,94% dos bairros afetados por algum tipo de desastre.

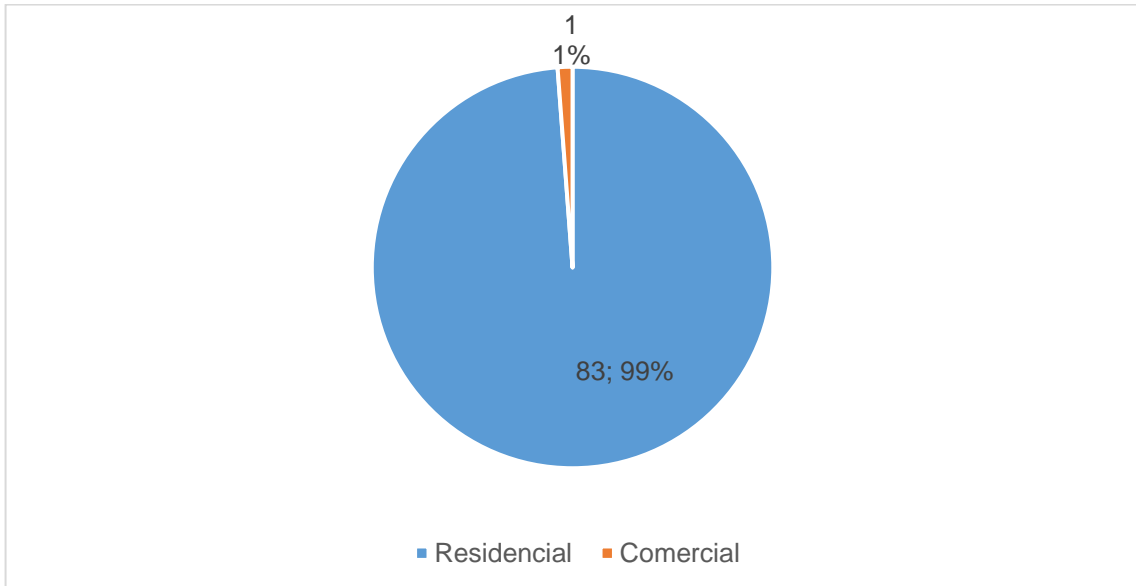
Gráfico 12 – número de notificações de desastres por bairro em 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Finalmente, somente 1% das solicitações eram referentes a imóveis de uso comercial, correspondendo os outros 99% a imóveis residenciais (Gráfico 13).

Gráfico 13 – Tipo de uso dos imóveis afetados em 2020 – em valor absoluto e em porcentagem



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Ressalta-se que, apesar da significativa redução no número de bairros afetados e do menor número de notificações registradas, percebe-se que a maioria dos bairros com ocorrências em 2020, foram reincidentes em relação a 2013. Neste sentido, no tópico abaixo serão comparados os cenários dos anos de 2013 e 2020, com o intuito de verificar os possíveis fatores que influenciaram neste resultado.

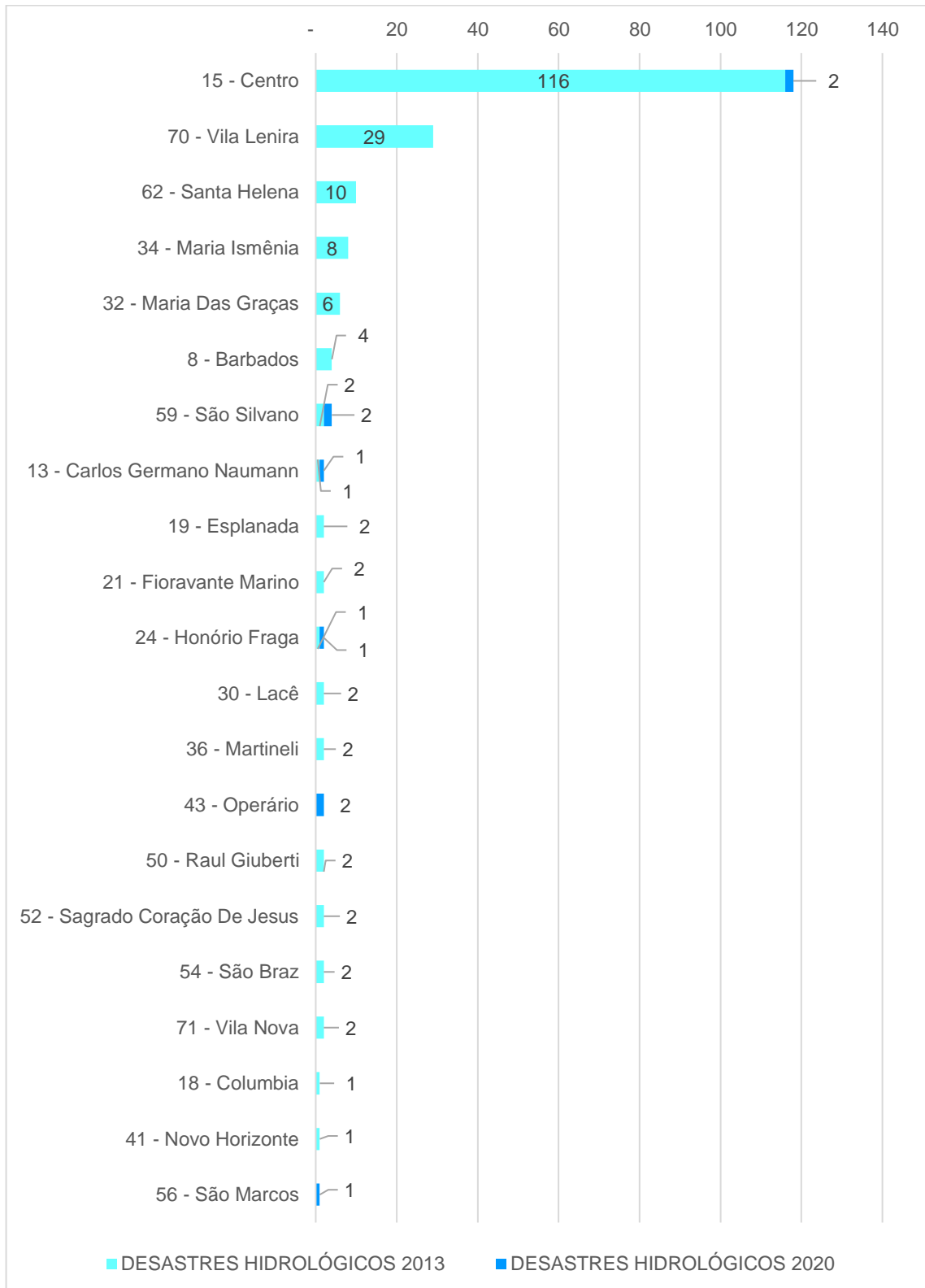
5.3.3 Comparação entre 2013 e 2020 acerca do número de notificações relacionadas aos eventos hidrológicos e geológicos

Em relação às ocorrências de desastres hidrológicos pode-se observar quais foram os todos os bairros afetados, em 2013 e em 2020. Verificou-se, também, a quantidade de notificações em cada bairro, por ano, permitindo a visualização dos locais onde houve reincidência, quais não foram novamente atingidos e quais foram os bairros onde os eventos foram registrados pela primeira vez em 2020 (Gráfico 14).

Este processo permitiu avaliar a evolução das notificações. Percebeu-se que, em 2020, houve um número significativamente menor de ocorrências que em 2013,

caindo de 204 para 11, apresentando redução de 94,60% nas notificações de desastres hidrológicos, apesar do surgimento de notificação em novos bairros.

Gráfico 14 – Número de notificações de desastres hidrológicos em 2013 e 2020

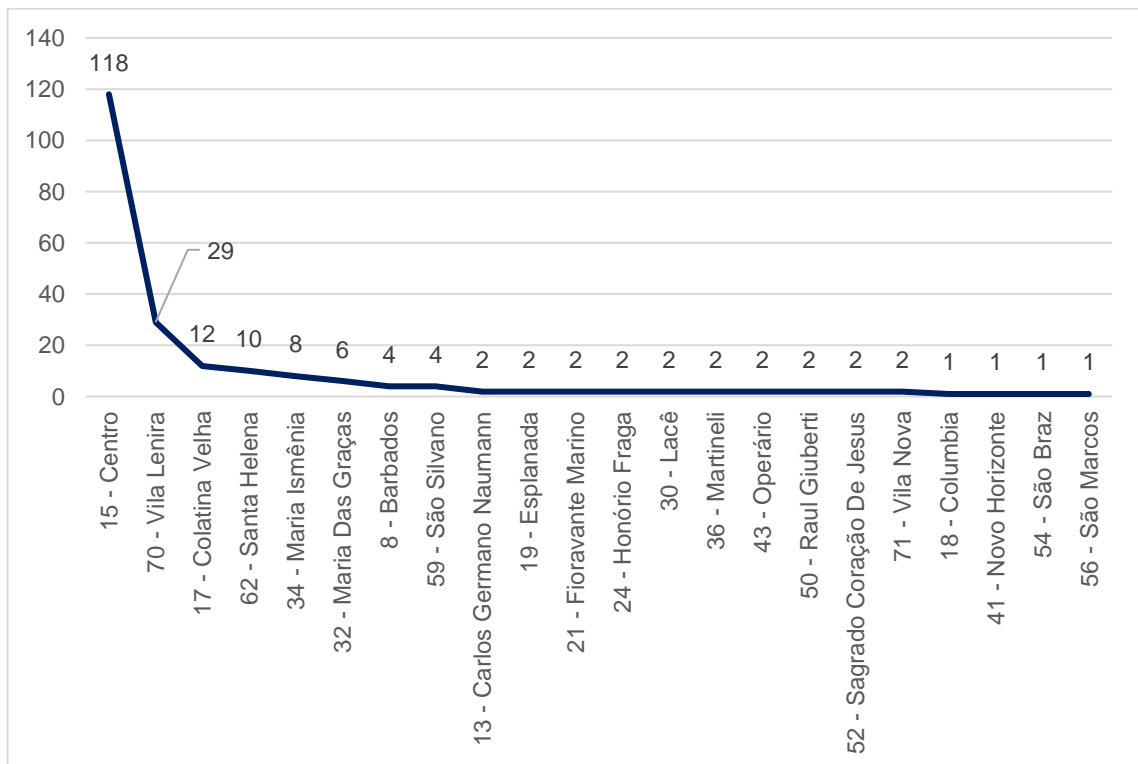


Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

O número total de notificações de ocorrências relacionadas aos desastres hidrológicos, somando registros de 2013 e 2020, apresentando os bairros mais vulneráveis aos eventos de desastre hidrológico, foi apresentado no Gráfico 15. Destacam-se os bairros Centro (15), com 118 notificações (54,88 % do total), seguido de Vila Lenira (70), com 29 notificações (13,49 % do total).

Cabe-se ressaltar que o bairro Centro (70) é o mais afetado e, está implantado junto ao Rio Doce, no que seria área de várzea do rio, naturalmente sujeita aos regimes de cheias. A ocupação de áreas com tamanha sensibilidade ambiental torna o bairro altamente suscetível a recorrentes problemas hidrológicos.

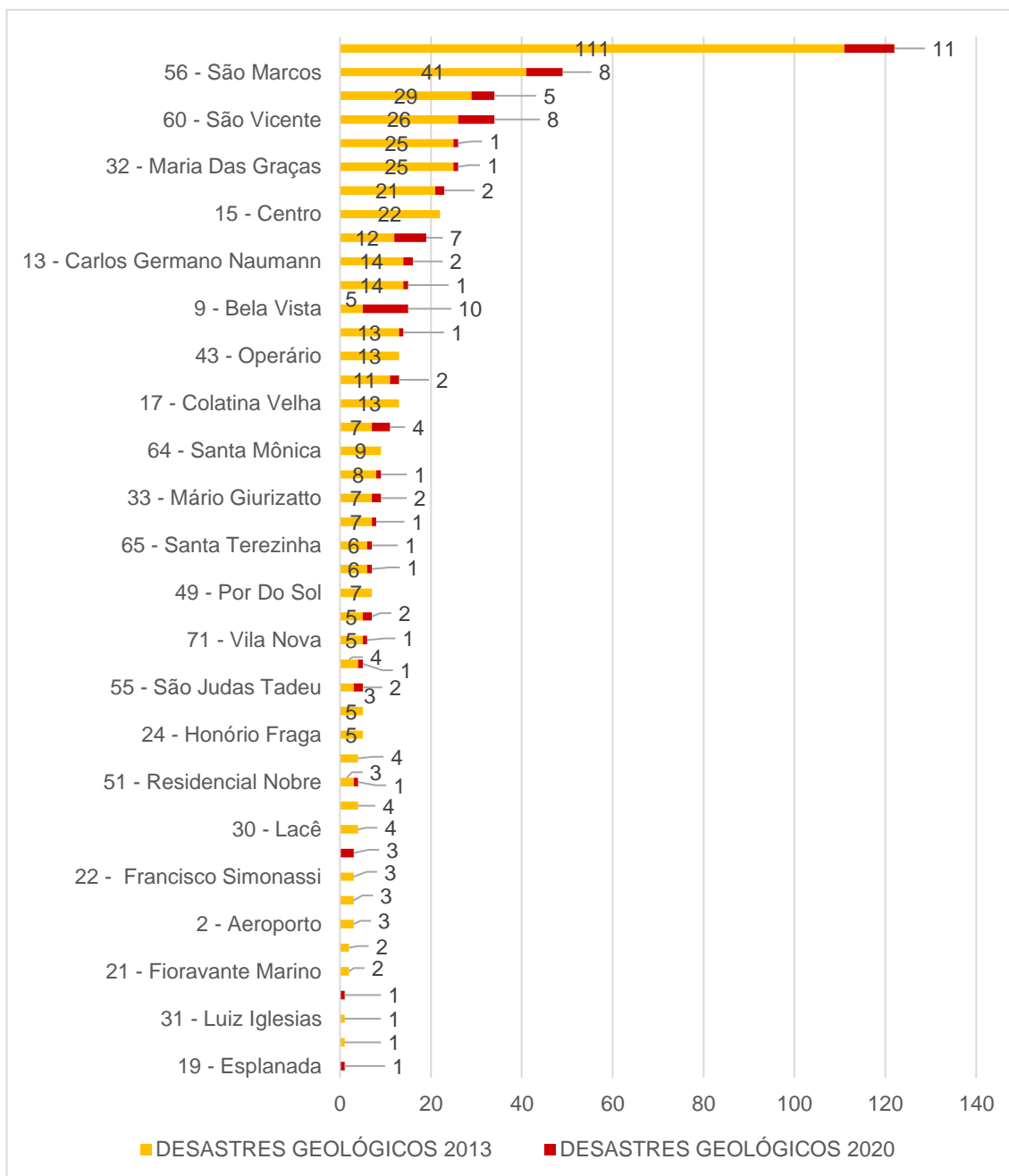
Gráfico 15 – Soma do número de notificações de desastres hidrológicos em 2013 e 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

O Gráfico 16 apresenta dados relativos aos desastres geológicos, mostrando as notificações em cada bairro, em 2013 e em 2020. Deste gráfico, extraiu-se a informação de que também houve, em 2020, registros em novos bairros afetados por desastres, não notificados em 2013. Similarmente ao decréscimo de desastres hidrológicos, comparando-se as ocorrências de desastres geológicos, houve, em 2020, uma redução de 511 para 73 casos, caracterizando uma redução de 85,71%.

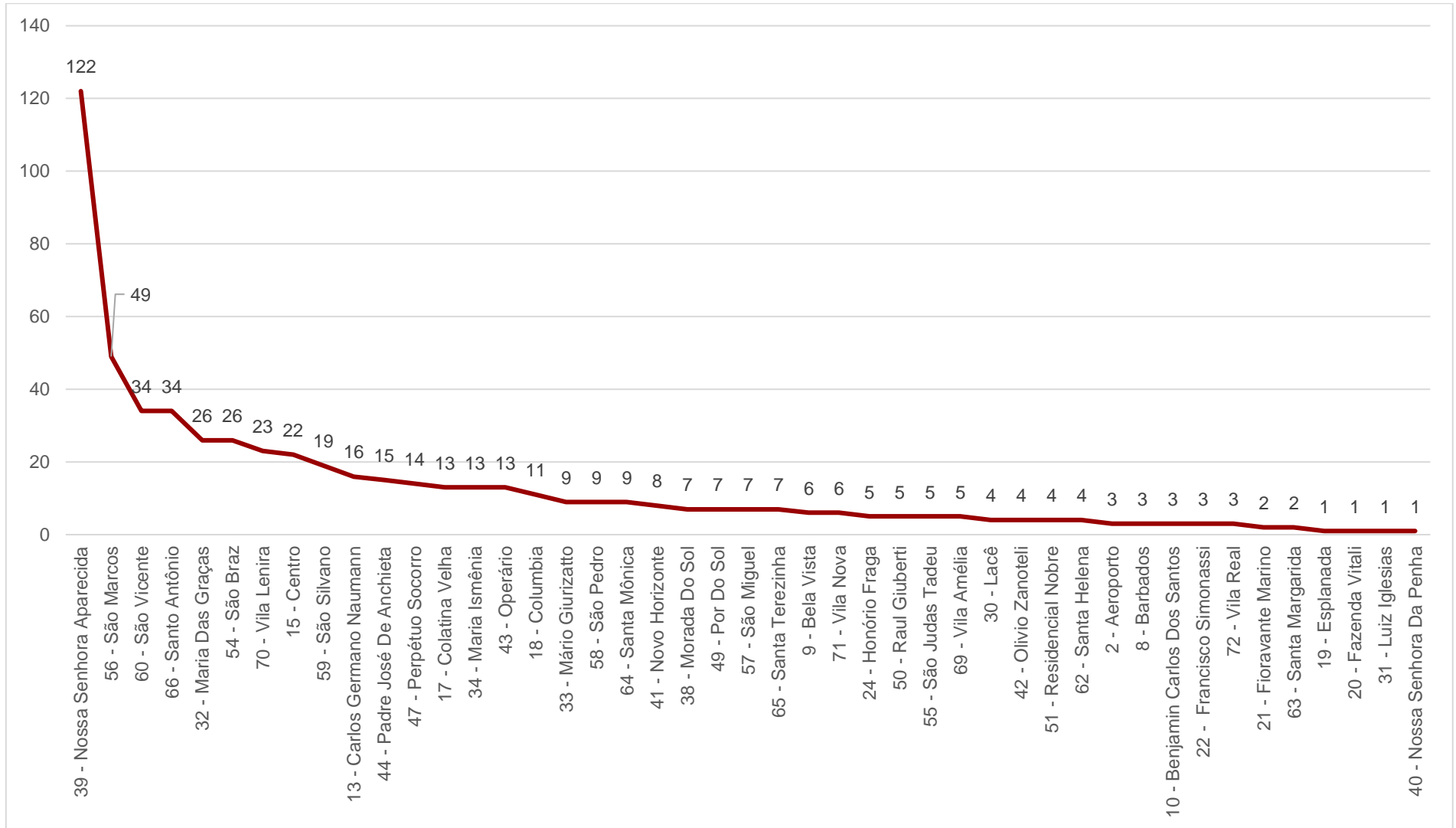
Gráfico 16 – Número de notificações de desastres geológicos em 2013 e 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Da mesma forma, foi produzido o Gráfico 17, que permitiu depreender quais os bairros mais vulneráveis aos desastres geológicos, somando o número de notificações registradas em 2013 e 2020. Destaca-se, como mais afetado, o bairro Nossa Senhora Aparecida (39), com 122 registros (20,89% do total), seguido de São Marcos (56), com 49 registros (8,39%). Cabe-se ressaltar que ambos se localizam em área de alta declividade, apresentando sensibilidade ambiental aos desastres geológicos.

Gráfico 17 – Soma do número de notificações de desastres geológicos em 2013 e 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Diversos fatores contribuíram para a redução dos desastres naturais relacionados às águas urbanas e, dentre eles, estão as obras estruturantes. As obras de contenção servem como prevenção ou correção e contribuem para evitar a reincidência dos desastres geológicos. Será exposto, no tópico seguinte, o cenário de Colatina em relação a tais medidas.

5.3.4 Obras de contenção

Conforme a Defesa Civil de Colatina (2022), outro fator que contribuiu para o menor número de ocorrências entre os anos de 2013 e 2020, foi a retirada de moradores das casas em área de risco para outras localidades – por meio de aluguel social, do Programa Minha Casa Minha Vida, por exemplo – em 2014. Ainda, a Defesa Civil continua monitorando essas localidades para atualização dos dados, entretanto, esse acompanhamento não gera notificações.

No período entre 2014 e 2020, foram realizadas obras de contenção em alguns bairros da cidade. Desta maneira, áreas de risco foram minimizadas, contribuindo para a redução do número de notificações. Considerando o tipo de obra, o resultado é mais relevante em relação aos desastres geológicos (Quadro 10).

Quadro 12 – Relação de obras de contenção e número de notificações de desastres geológicos 2013 e 2020

Bairro	Tipo de obra	Notificações 2013 (Geológico)	Notificações 2020 (Geológico)
Carlos Germano Naumann (13)	Contenção da encosta	14	2
Colatina Velha (17)	Contenção da encosta	13	0
Francisco Simonassi (22)	Contenção da encosta	3	0
Lacê (30)	Contenção da encosta	4	0
Nossa Senhora Aparecida (39)	Contenção da encosta	111	11
Pôr do sol (49)	Contenção da encosta	7	0
São Judas Tadeu (55)	Contenção da encosta	3	2
São Marcos (56)	Contenção da encosta	41	8
Santa Helena (62)	Contenção da encosta	4	0
Santa Mônica (64)	Contenção da encosta	9	0
Santo Antônio (66)	Contenção da encosta	29	5

Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Analisando, exclusivamente, os 11 bairros mencionados no Quadro 10, quanto aos desastres geológicos, foram notados 238 registros em 2013, correspondendo a 46,57 % do total naquele ano. Já em 2020, nestes mesmos bairros, houve 28 notificações

de sinistros geológicos, que correspondem a 38,35% do total de notificações naquele ano.

Portanto, são destacados dois aspectos relevantes. O primeiro ponto diz respeito à redução de 88,23% o número de desastres geológicos nestes bairros, de 2013 para 2020. O segundo, aponta que estas medidas refletiram, também, o município, como um todo, já que, do total de notificações de desastres geológicos ocorridos em 2013, esses bairros representavam 46,57%, e, em 2020, os mesmos bairros representavam 38,35%, demonstrando esta influência na redução das ocorrências.

É nítida a contribuição das obras de contenção realizadas em todos os bairros para a minimização das ocorrências de desastres, com redução significativa em alguns bairros e, inclusive, extinção de registros em determinadas localidades, especialmente quanto aos desastres geológicos.

5.4 RELAÇÃO ENTRE ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E DESASTRES NATURAIS

Neste subcapítulo, discutiu-se a vulnerabilidade urbana, partindo do pressuposto de que as sensibilidades ambientais (riscos) estão correlacionadas a aspectos socioeconômicos (PEREZ et. al., 2020). Conforme Perez et. al. (2020), é possível caracterizar a precariedade da infraestrutura urbana, além das condições sociais que mostram a desigualdade socioeconômica no Brasil, em relação a ocorrência dos desastres hidrometeorológicos, avaliando a relação entre *desastres naturais vs infraestrutura urbana vs condições socioeconômicas*.

Neste sentido, com a finalidade de delimitar pontos importantes, as análises foram realizadas em duas partes, ambas associando a ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina com indicadores censitários do IBGE (2010). A primeira análise foi feita por meio do mapeamento dos indicadores censitários, relacionando-os aos bairros afetados. Estes mapas foram produzidos por meio do *plugin* do Censo IBGE para o QGIS – *software* de georreferenciamento.

A segunda, foi efetuada por meio de gráficos, verificando a relação do número de notificações de desastres hidrológicos com o indicador censitário, seguido pela análise do número de notificações de desastres geológicos com o mesmo indicador. Ou seja, nesta etapa, aderiu-se uma ordem de análise, iniciando em relação aos desastres

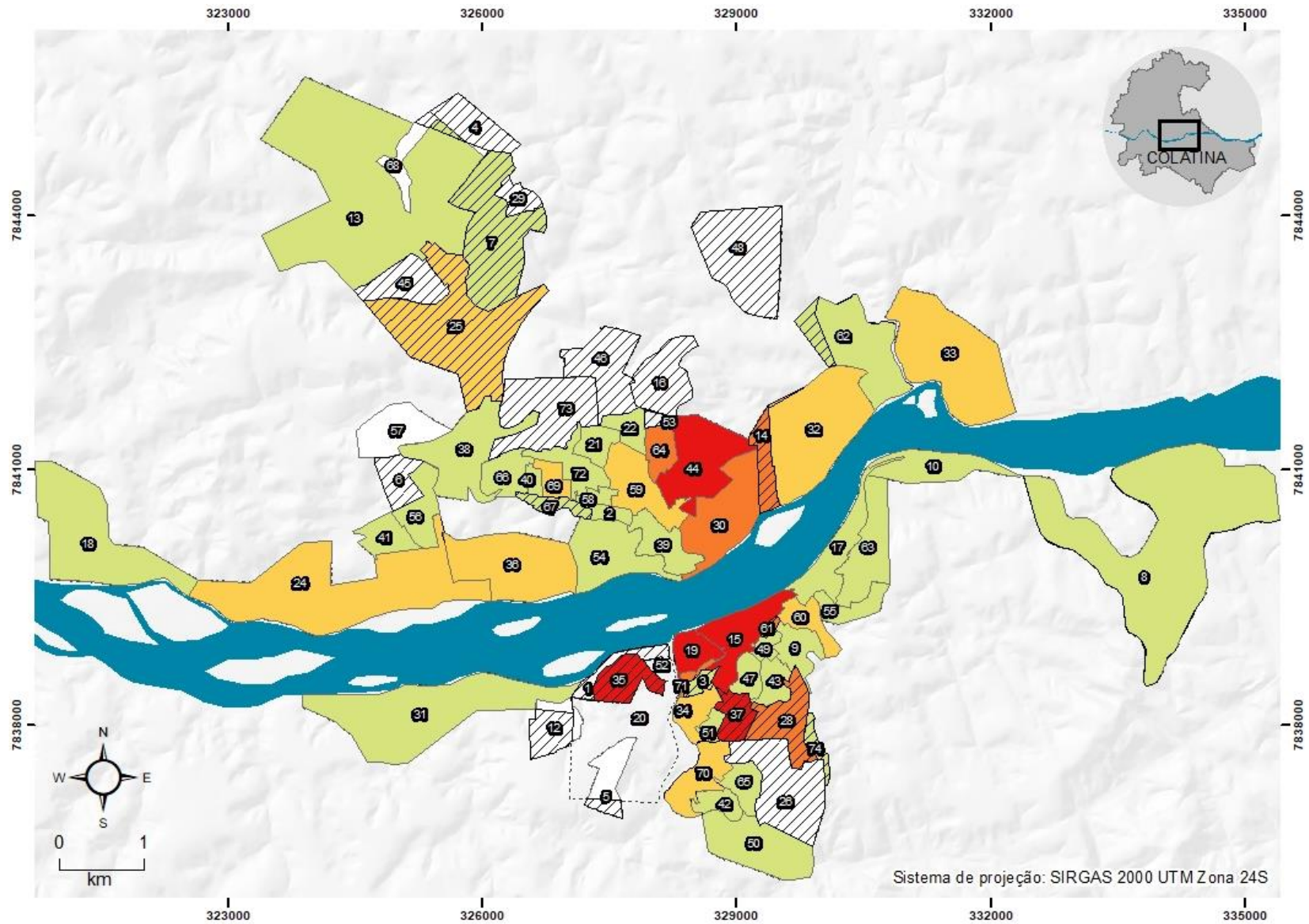
hidrológicos, seguidos pelos geológicos, sempre em ordem decrescente em relação ao número de notificações por bairro.

5.4.1 Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição espacial de renda

A ocorrência de desastres naturais e as condições de renda têm uma estreita relação, como exposto anteriormente, já que a monetarização da terra acentua a segregação socioespacial. Assim, a população de baixa renda tende a ocupar às áreas de riscos, áreas ribeirinhas e terrenos de alta declividade. Portanto, pessoas de baixo poder aquisitivo são subordinadas à informalidade e a precariedade (MARICATO, 2009), e além da questão financeira, têm de lidar com mais um fator de vulnerabilidade: os desastres hidrometeorológicos em suas moradias.

O Mapa 22 demonstra o cenário de distribuição de renda nos bairros de Colatina, a fim de verificar sua concordância com as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas. Os dados utilizados para produção do mapa foram extraídos do IBGE (2010), que indicava a média de salários mínimos – considerando, à época, R\$ 510,00 por pessoa maior de 10 anos.

Mapa 22 – Distribuição espacial de renda



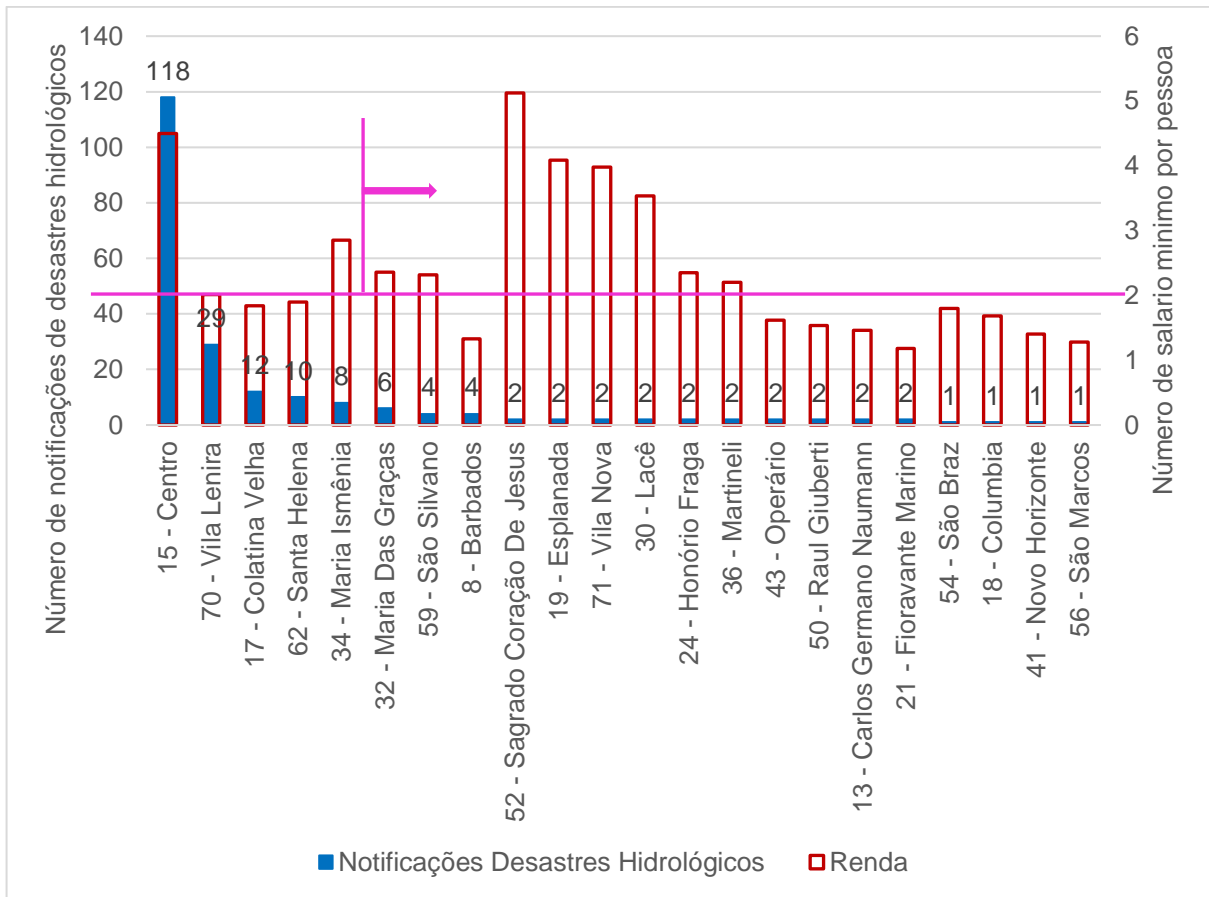


Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Mapa elaborado pela autora (2022).

Nota-se que não houve distinção de bairros com maior ou menor concentração de renda em relação à ocorrência de desastres. Por outro lado, percebeu-se que os bairros mais desfavorecidos economicamente, estão localizados nas áreas periféricas.

O Gráfico 18 relaciona a quantidade de notificações de desastres hidrológicos com a quantidade de salários mínimos *per capita* em 2010, mostrando, de forma, decrescente os bairros por números de notificações. Em relação aos salários mínimos, o gráfico, mostrou variabilidade. Entretanto, com o auxílio das indicações (linhas e seta em magenta), se analisados de forma particular, com exceção dos bairros Centro (15) e Maria Ismênia (54), os bairros com média de renda maior que dois salários mínimos por pessoa, tiveram menos de seis notificações de desastres hidrológicos.

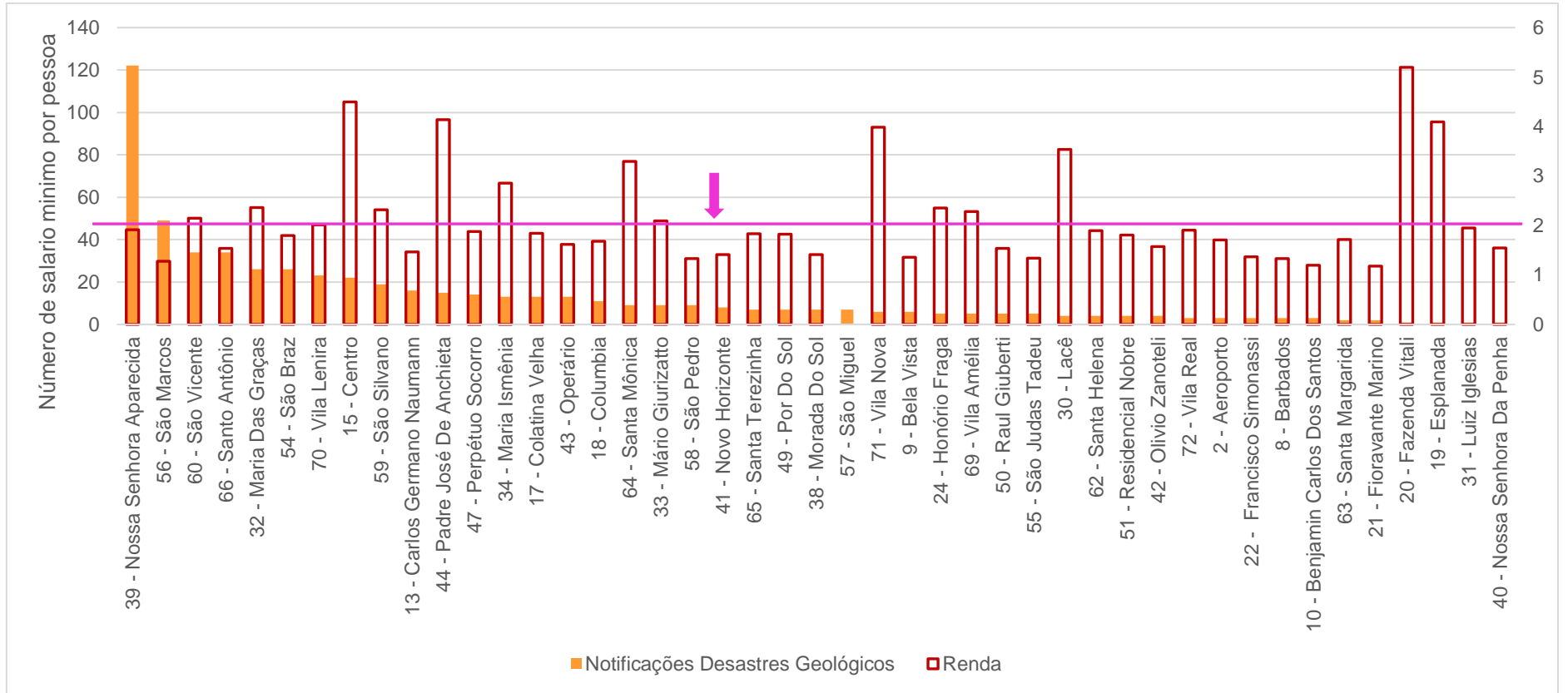
Gráfico 18 – Relação renda e desastres hidrológicos



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

O Gráfico 19 também visou demonstrar a relação entre as notificações de desastres e o indicador renda, desta vez, relacionando estes itens aos desastres geológicos. No mesmo padrão da análise anterior, foi possível notar, de forma decrescente, os bairros por número de registros de desastres geológicos, com grande variação de renda. Entretanto, dos 45 bairros analisados, como fica evidente por meio da linha e seta em magenta, percebe-se que em 33 deles a média de renda é inferior a dois salários mínimos por pessoa. Neste tipo de desastre (geológico), constatou-se que os bairros mais afetados são aqueles ocupados por população economicamente menos favorecidos.

Gráfico 19 – Relação renda e desastres geológicos



Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

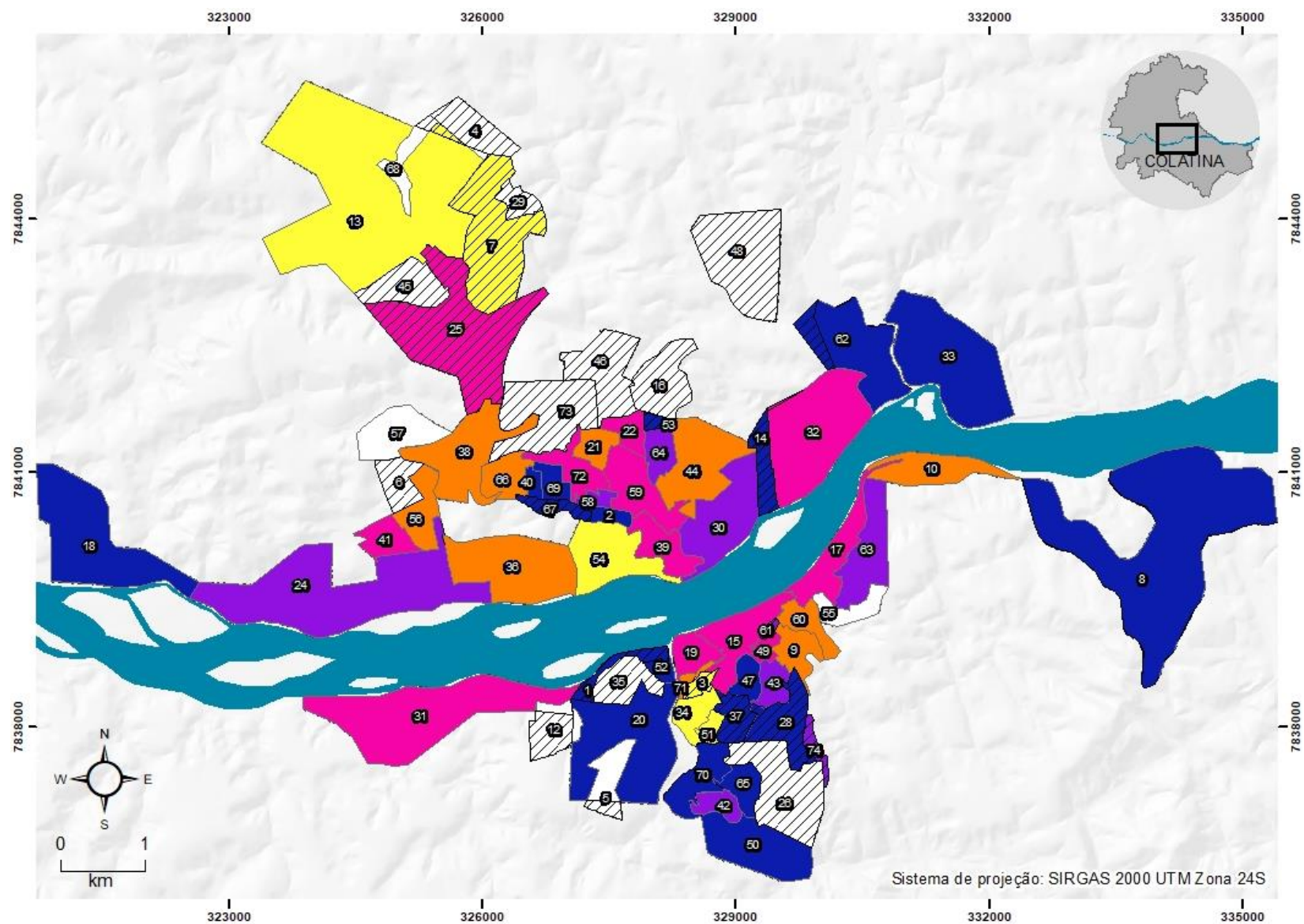
Os gráficos permitiram depreender, de maneira mais assertiva, a relação entre a renda dos moradores e as ocorrências de desastres. Para os desastres hidrológicos, não foi possível verificar um padrão entre renda e número de notificações. Acerca dos desastres geológicos, concluiu-se que a maioria dos bairros afetados possui população com média de renda similar, sendo menor que dois salários mínimos por pessoa. Em vista disso, a renda não influencia os desastres, não é causa deles. O que ocorre é que os desastres estão relacionados à renda.

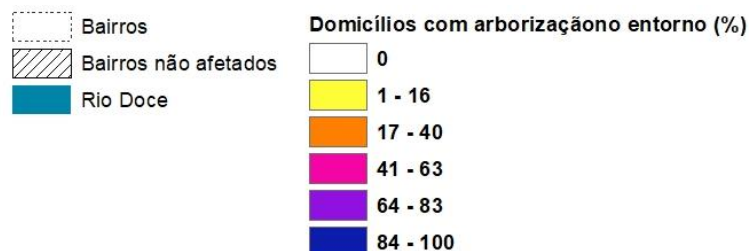
5.4.2 Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com arborização no entorno

Como mencionado anteriormente, existe uma relação relevante entre a cobertura do solo e as ocorrências de desastres hidrológicos e geológicos. Destacou-se, ainda, a importância da cobertura vegetal e os prejuízos relacionados ao desmatamento (SERAPHIM, 2018). Neste sentido, com dados provenientes do IBGE (2010), em relação à porcentagem de domicílios com arborização no entorno (Mapa 23) permitiram analisar a relação entre este indicador e a ocorrência dos desastres.

O Mapa 23 mostra quais bairros possuem maior concentração de domicílios com arborização no entorno e quais foram os bairros afetados pelas ocorrências. Tanto nos bairros com alta concentração de domicílios com arborização no seu entorno, quanto os bairros com baixa concentração de domicílios com arborização, houve ocorrências de desastres. O mesmo pode ser verificado em relação aos bairros não afetados, já que alguns têm baixa concentração e outros alta concentração de domicílios com arborização no entorno, O Mapa 23 não demonstrou, portanto, uma relação direta entre os dois fatores analisados.

Mapa 23 – Distribuição espacial de domicílios com arborização no entorno



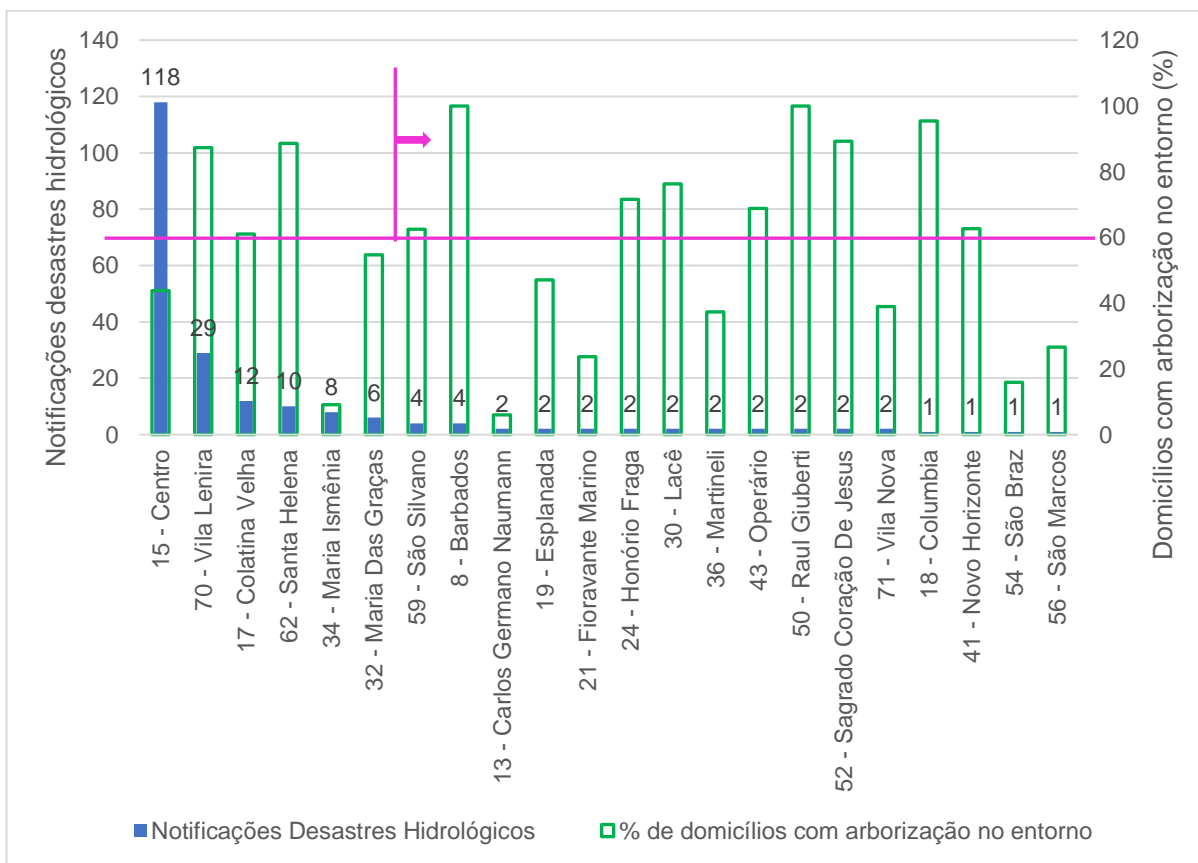


Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Mapa elaborado pela autora (2022).

Para maior detalhamento, elaborou-se o Gráfico 20, contrapondo a arborização no entorno dos domicílios e as ocorrências hidrológicas. Considerando a área de estudo, observou-se que, dentre 22 bairros que possuem concentração de arborização, 9 deles têm 60% ou mais de domicílios com arborização no entorno.

Destes 9 bairros, 3 estão dentre os que tiveram maior números de notificações de desastres hidrológicos: Vila Lenira (70), Colatina Velha (17) e Santa Helena (62), indo de 29 a 10 notificações. Os outros 6 bairros, com 60% de domicílios com arborização no entorno, tiveram 4 notificações ou menos. Nota-se, ainda, como indica a linha e seta em magenta, que a partir do bairro Barbados (8), os 16 bairros que possuem arborização no entorno, independentemente da quantidade, também tiveram 4 notificações ou menos (Gráfico 20). Referindo-se a este contexto, constatou-se que a presença de vegetação tem relação com menor número de notificações de desastres deste hidrológicos.

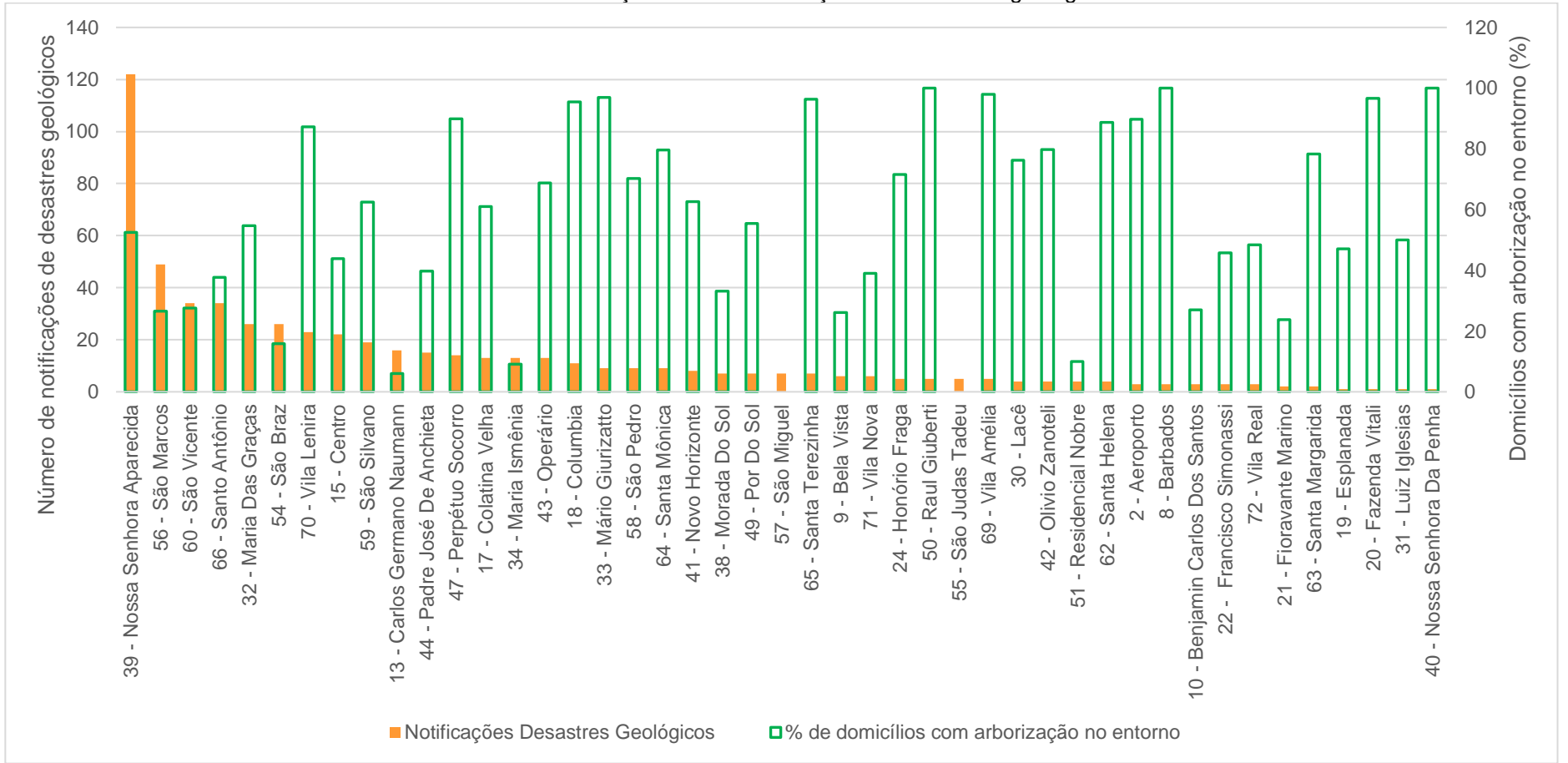
Gráfico 20 – Relação entre a arborização e os desastres hidrológicos



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Já a respeito dos bairros com maior número de notificações de desastres geológicos em comparação aos domicílios com arborização no entorno (Gráfico 21), foi possível verificar um padrão, no qual, de forma majoritária, quanto menos notificações, maior a porcentagem de domicílios com arborização no entorno, permitindo concluir que a presença de vegetação pode ter colaborado para minimização deste tipo de desastre.

Gráfico 21 – Relação entre a arborização e os desastres geológicos



Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Corroborando com a fundamentação apresentada, os resultados demonstraram que bairros com domicílios com presença de arborização no entorno tentem a sofrer menos com os desastres naturais relacionados às águas urbanas. Cabe salientar que, se houvesse dados de arborização viária georreferenciada, esta análise poderia apresentar conclusões mais assertivas.

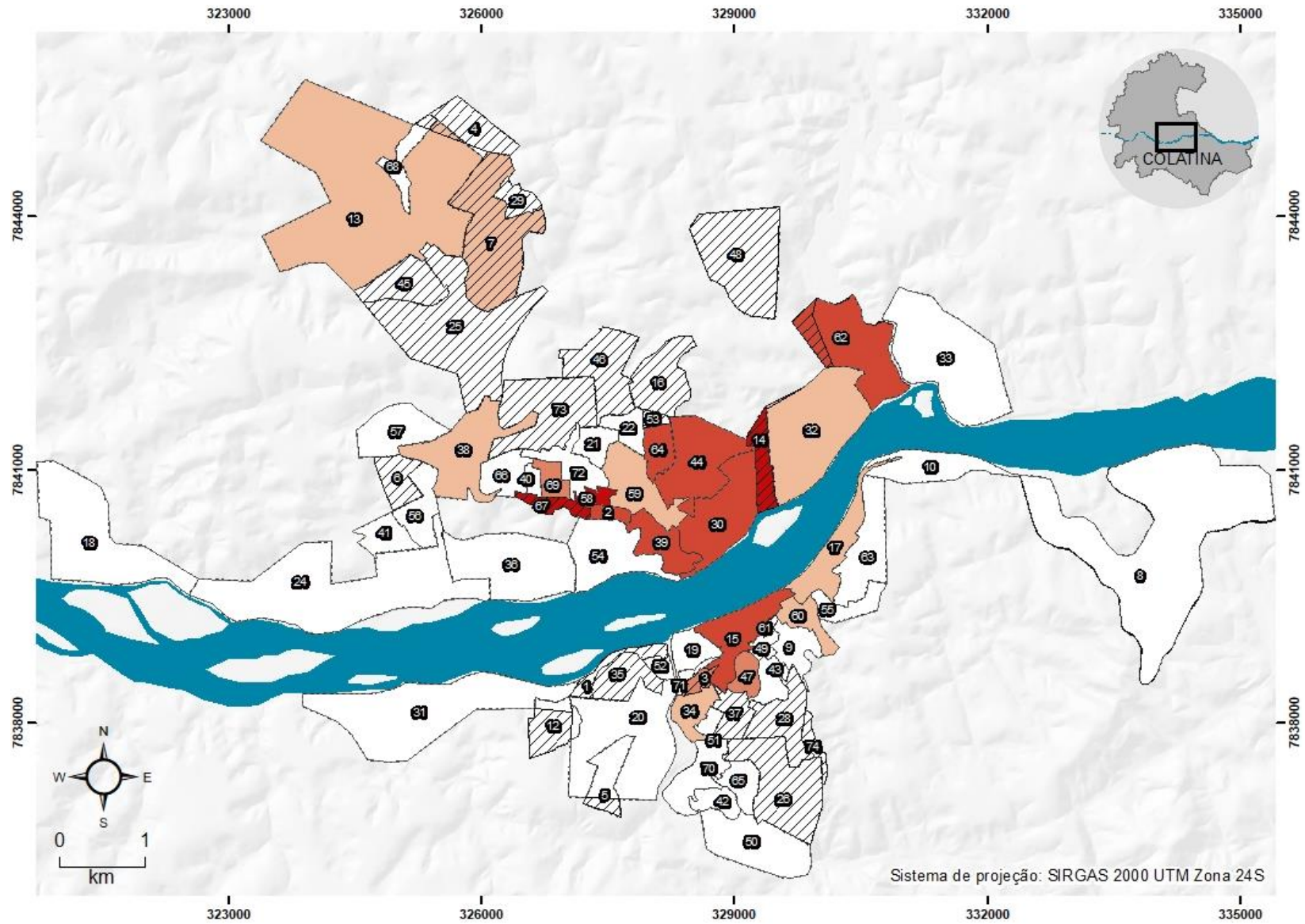
O Censo (IBGE, 2010) tem, como limitação, o fato de não quantificar a presença de arborização, tão somente mencionando sua existência ou ausência. No novo Censo (2022), atualmente em fase de aplicação, foi incorporada à quantificação da vegetação, o que permitirá análises mais acuradas, sobretudo em relação às ocorrências de desastres.

5.4.3 Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com lixo no entorno

Quanto às ações antrópicas, à urbanização e às alterações nas drenagens, o lixo é um elemento em comum, e sua produção e lançamento podem estar associados à ocorrência de desastres, seja por bloquear o escoamento de água para os pontos de drenagem e esgoto ou por contribuir no assoreamento dos canais (TOMINAGA, 2009). O Mapa 24 demonstrou a relação entre os bairros afetados pelos desastres e os bairros que possuem domicílios com presença de lixo no entorno.

Observa-se que, no município, poucos bairros possuem domicílios com presença de lixo no entorno, sendo que a concentração máxima de domicílios com lixo no entorno foi de 15% do total do bairro mais afetado. Dentre os bairros afetados pelos desastres naturais relacionados às águas urbanas, apenas o bairro São Pedro (58) possui de 5 a 15% de domicílios com presença de lixo no entorno. Todos os outros bairros afetados, possuem de 1 a 4% de domicílios nesta condição.

Mapa 24 – Distribuição espacial de domicílios com lixo no entorno

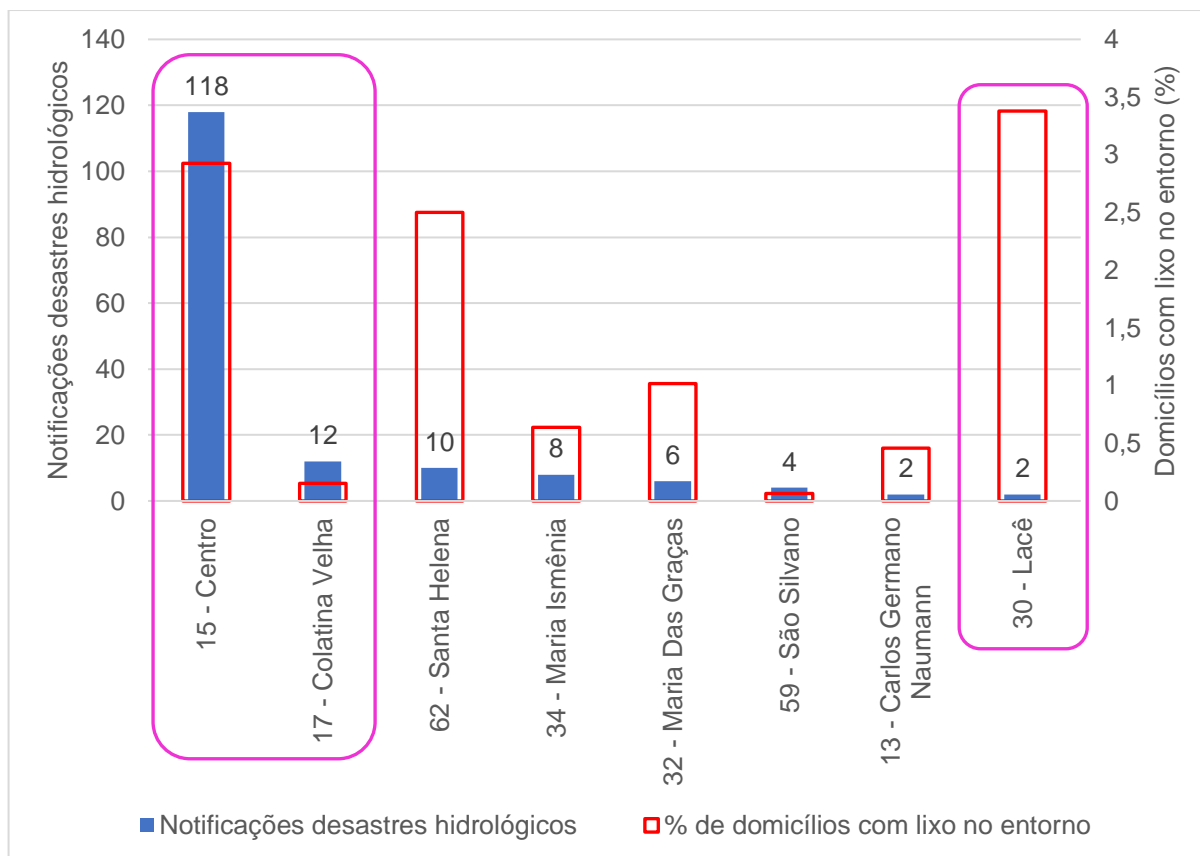




Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Mapa elaborado pela autora (2022).

O Gráfico 22 mostra a relação do número de notificações de desastres hidrológicos com a porcentagem de domicílios com presença de lixo no entorno. Ao observar o Gráfico 22, destacam-se nos retângulos em magenta, no qual o bairro Centro (15) está em primeiro lugar quanto ao número destes desastres, bem como está em destaque em relação à porcentagem de domicílios com lixo no entorno. Apesar disso, não foi possível estabelecer um padrão, já que, por exemplo, o bairro Colatina Velha (17) é o segundo com maior número de notificações e, no entanto, também é o segundo com menor número de domicílios que possuem lixo no entorno. Ainda, o bairro Lacê (30), apresentou o menor número de notificações, mas contou, também, com a maior porcentagem de domicílios com lixo no entorno.

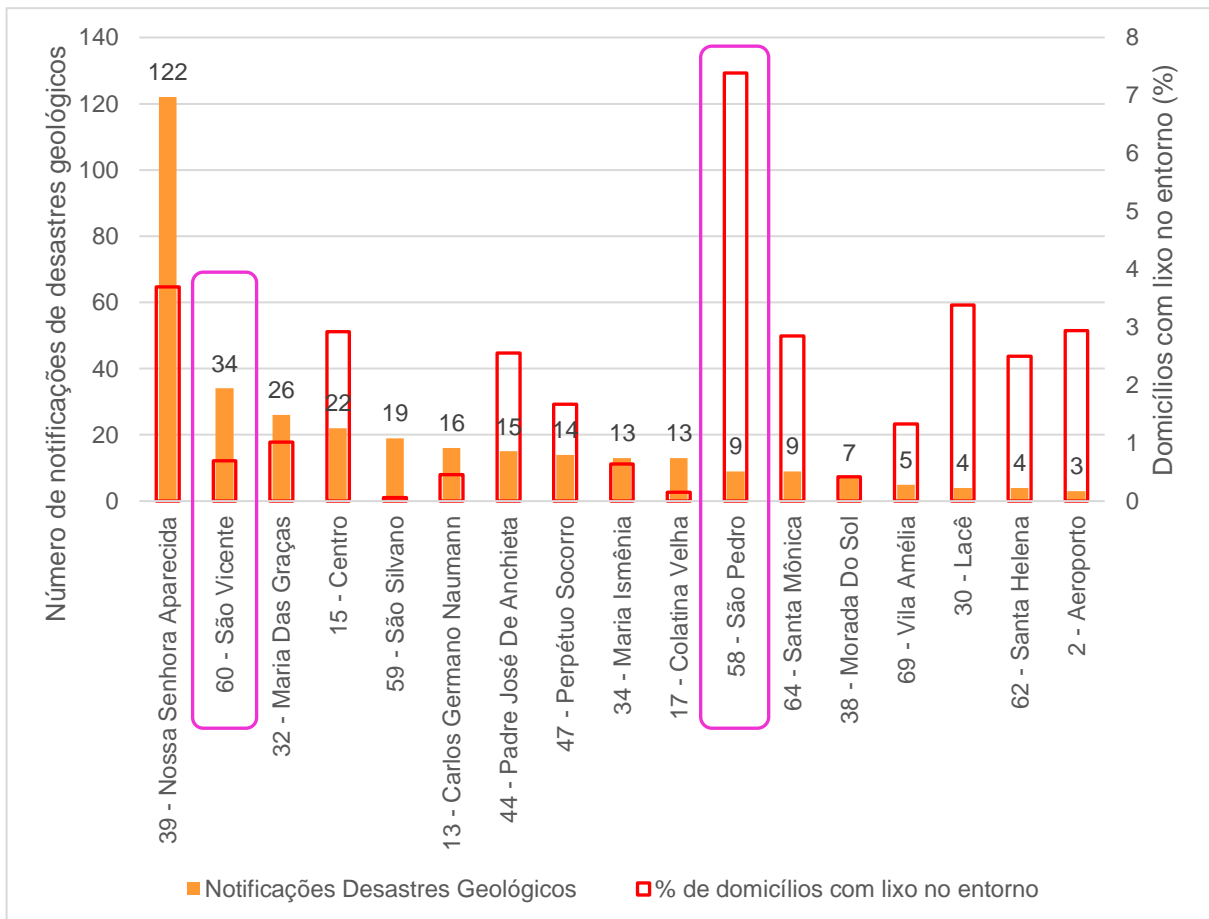
Gráfico 22 – Relação do lixo no entorno com os desastres hidrológicos



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Similarmente à análise anterior, não foi possível estabelecer um padrão de relação entre os bairros com maior número de notificações de desastres geológicos e domicílios com lixo no entorno. Como observado no Gráfico 23, foram expostos, de forma decrescente, os bairros com maior no número de desastres geológicos, que não demonstraram, entretanto, padrão de relação frente à porcentagem de domicílios com lixo no entorno, a exemplo nos retângulos em magenta o bairro São Vicente (60), que é o segundo com maior número de notificações, mas possui menos de 1% de domicílios com presença de lixo. Já o bairro São Pedro (58), possui menos notificações e, ao mesmo tempo, a maior porcentagem de domicílios com lixo no entorno.

Gráfico 23 – Relação de lixo no entorno e desastres geológicos



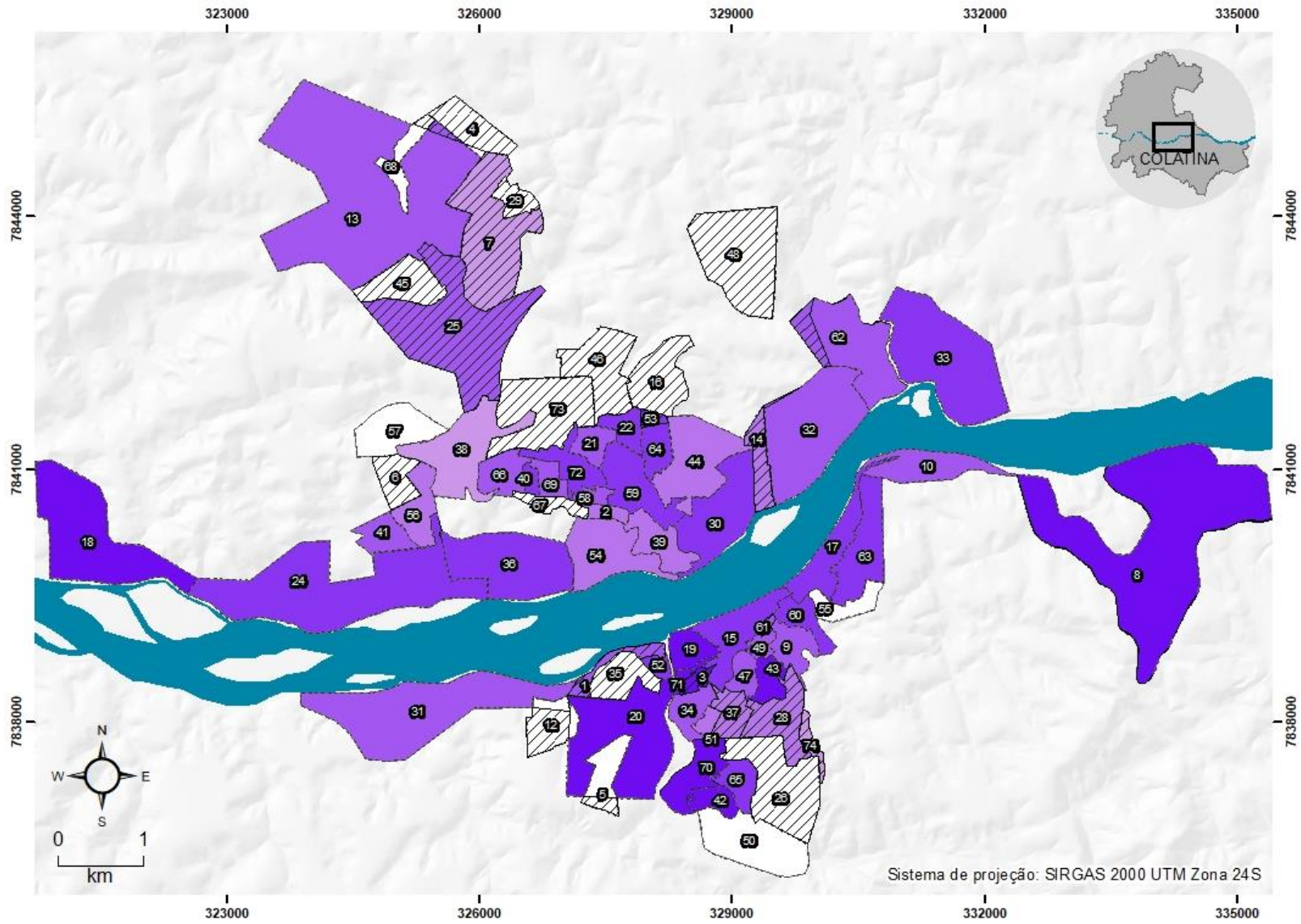
Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

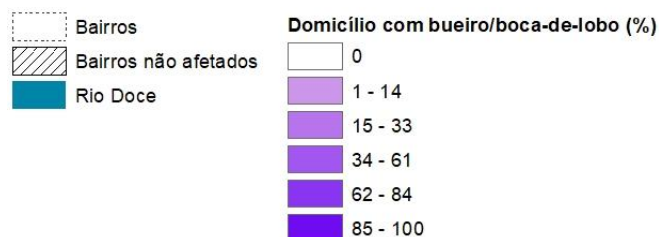
Constantemente, percebe-se uma relação entre lixo no entorno e ocorrência de desastres, pois, de maneira geral, a massa dos bairros que possuem lixo no entorno está dentre os bairros afetados. Entretanto, não foi possível associar a presença de lixo no entorno, ao tipo de desastre.

5.4.4 Ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos e distribuição de domicílios com presença de bueiros e bocas de lobo no entorno

Junto à urbanização, veio impermeabilização do solo e, sucedeu no fim da drenagem natural e, neste sentido, estabeleceu-se um novo sistema de drenagem artificial, que é responsável por transportar as águas pluviais para os canais hídricos (TUCCI, 2008). Deste modo, os bueiros e bocas de lobo são elementos que fazem parte deste sistema de drenagem artificial, sendo assim, o Mapa 25 mostra a porcentagem de domicílios com a presença de bueiros e bocas de lobo no entorno. Observa-se então que com frequência, a maioria dos bairros possui acima de 60% de domicílios com presença destes elementos no entorno.

Mapa 25 – Distribuição espacial de domicílios com presença de bueiros e bocas de lobo no entorno



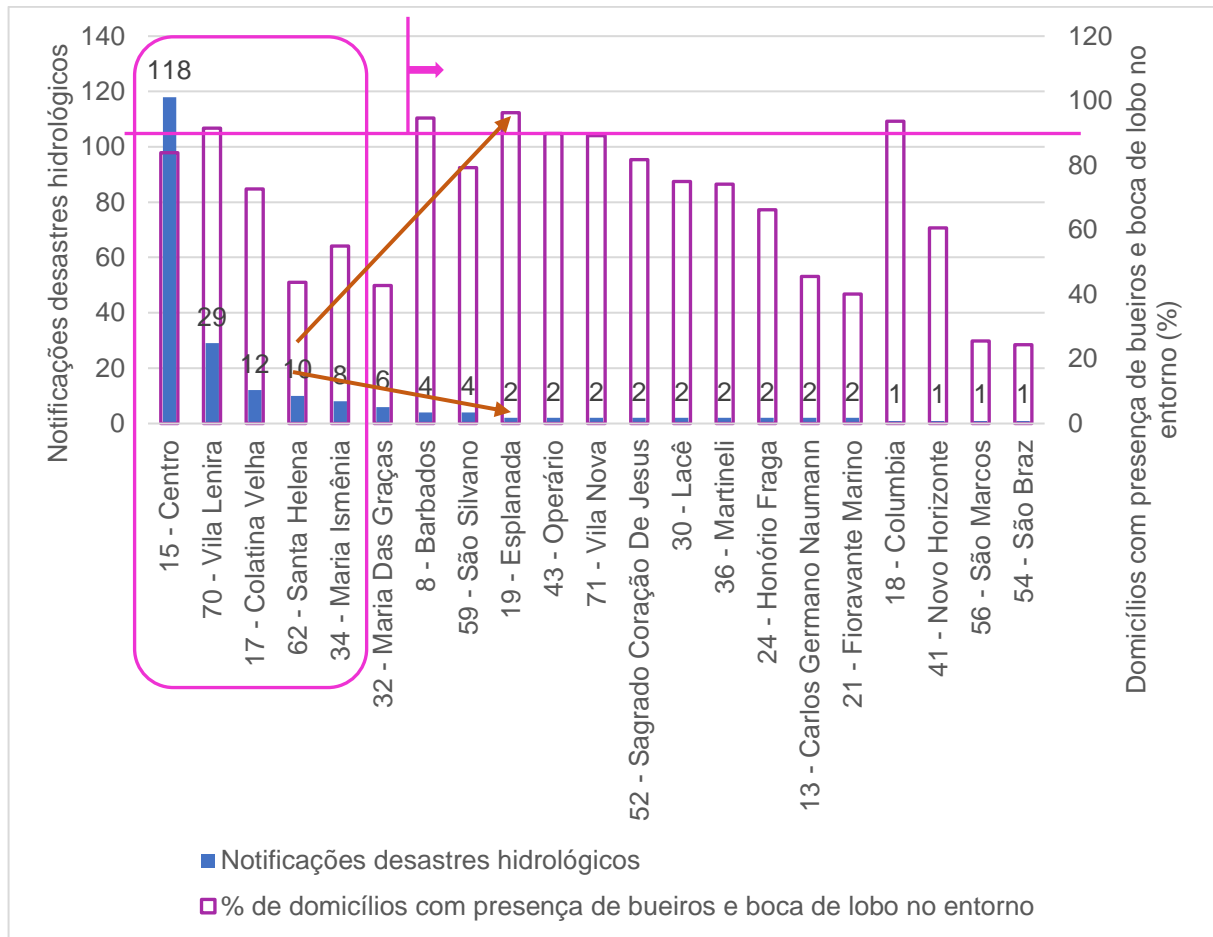


Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e IBGE (2010). Mapa elaborado pela autora (2022).

Acerca dos bairros com maior número de notificações de desastres hidrológicos, o Gráfico 24, mostra qual a porcentagem de domicílios é contemplada com a presença de bueiros e bocas de lobo no entorno. Observa-se (dentro do retângulo magenta) que, com exceção de Vila Lenira (70), os quatro bairros com maior número de notificações associados a este tipo de desastre possuem menos de 90% de domicílios com presença de bueiro e boca de lobo no entorno. Excluindo-se este bairro (70), como aponta a linha e seta magenta, notou-se que os bairros que contam com porcentagem superior a 90% de domicílios com presença de bueiro e boca de lobo no entorno, tiveram quatro ou menos notificações.

Conforme o Gráfico 24, como indicam as setas marrons, observando a partir do bairro Santa Helena (62), com dez notificações, até o bairro Esplanada (19), com três notificações, há uma relação inversamente proporcional, demonstrando que, quanto mais domicílios com presença destes elementos, menor o número de notificações relacionados a este tipo de desastre. Conforme o gráfico, a partir do bairro Esplanada (19), a presença de bueiros e bocas de lobo no entorno dos domicílios, refletiu no baixo número de ocorrências deste tipo.

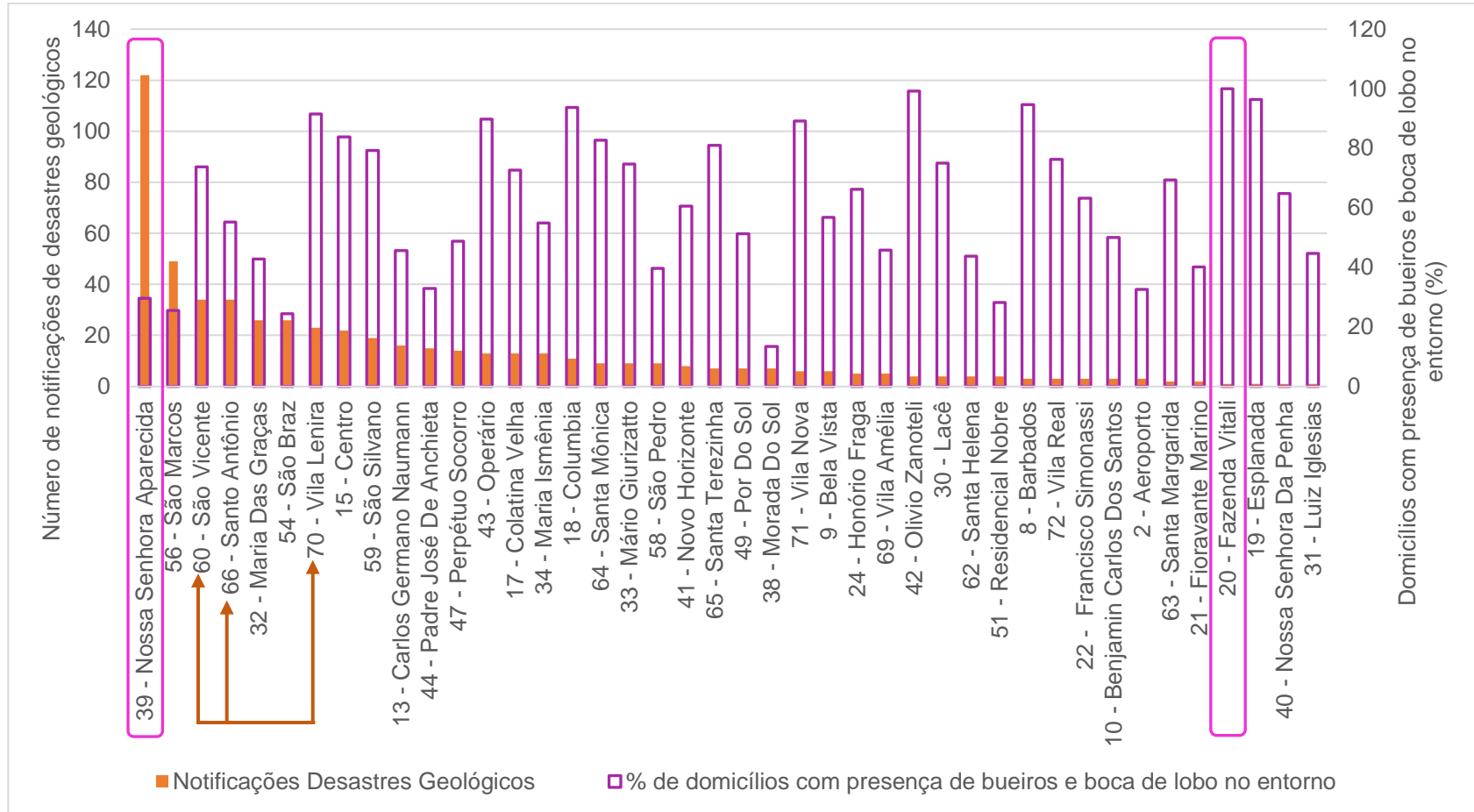
Gráfico 24 – Relação presença de bueiro e boca de lobo no entorno e desastres hidrológicos



Fonte: a autora (2022), elaborado a partir de Defesa Civil de Colatina (2022) e IBGE (2010).

Já ao analisar o Gráfico 25, que representa a relação de presença de bueiro e boca de lobo no entorno e os desastres geológicos nos bairros, percebe-se que não há um padrão estabelecido. Os retângulos em magenta destacam dois bairros, o bairro Nossa Senhora Aparecida (39), com o maior número de notificações de desastres hidrológicos e baixa porcentagem de domicílios com presença destes elementos, junto ao bairro Fazenda Vitali (20), qual mostra a situação contrária, alta porcentagem de domicílios com estes elementos e baixo número de notificações de desastres geológicos, poderiam indicar a relação direta: quanto mais domicílios com bueiros e bocas de lobo no entorno, menor o número de notificações, bem como o contrário – quanto menos bueiros e bocas de lobo no entorno, maior a quantidade de registros de desastres.

Gráfico 25 – Relação presença de bueiro e boca de lobo no entorno e desastres geológicos



Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022) e IBGE (2010). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Entretanto, bairros indicados pelas setas marrons como São Vicente (60), Santo Antônio (66) e Vila Lenira (70), contrariam tal relação, possuem elevada porcentagem de domicílios com estes elementos no entorno e, elevado número de notificações de desastres geológicos.

Logo, percebe-se que, de forma geral, a alta porcentagem de domicílios com elementos de drenagem nos bairros pode ter contribuído para o menor número de notificações de ocorrências, ainda que não garanta a ausência de desastres.

5.5 COEFICIENTE DE ESCOAMENTO

No contexto de uma bacia hidrográfica, alterações nos modos de uso e ocupação, como a retirada de cobertura vegetal e a expansão urbana por exemplo, podem ocasionar diversas consequências no ciclo hidrológico da bacia (TUCCI, 2007; HELLER; PÁDUA, 2006). Neste sentido, conforme Tucci (2007), no ciclo hidrológico, uma das etapas mais afetadas por tais mudanças é o escoamento superficial. A cobertura vegetal auxilia na proteção do solo e favorece a infiltração de água. Sendo assim, com a retirada dessa cobertura, o solo fica mais vulnerável à compactação e ao selamento superficial, reduzindo a taxa de infiltração e, conseqüentemente, aumentando o escoamento superficial.

Por sua vez, o aumento do escoamento superficial acarreta, também, o aumento da ocorrência de processos erosivos e no transporte de sedimentos, nutrientes e poluentes para os córregos, rios e reservatórios (MAEDA, 2008). Por consequência, esses fenômenos podem colaborar com a ocorrência de enchentes e/ou assoreamento dos reservatórios (BICALHO, 2006; ANDRADE et al., 2001; CARVALHO, 2000).

Conforme Jacobson (2011), a correlação entre tipos de cobertura do solo e as taxas de infiltração pode não ser tão linear. De acordo com Church et al. (1999), os coeficientes de escoamento podem variar para áreas com mesmas características – mesmo percentual de superfícies impermeáveis e tipo de solo. Evidenciou-se, então, que não existe um coeficiente de escoamento universal capaz de ser usado para estimar a taxa de escoamento.

Tucci (2000) define Coeficiente de Escoamento (C) como representação da quantidade de água de escoamento gerada em eventos chuvosos. O autor ainda

afirma que os coeficientes variam conforme a evolução da urbanização e com a magnitude da enchente, além da intensidade, distribuição temporal e espacial da precipitação, condições de umidade do solo e retenções. O coeficiente de escoamento varia em função da precipitação e do índice pluviométrico pois à medida que aumenta a precipitação ocorrem as perdas iniciais e, alcança a capacidade de infiltração, sendo assim o escoamento superficial aumenta ocasionando em um maior coeficiente de escoamento.

5.5.1 Coeficiente de escoamento em Colatina

Bias et. al. (2015), Garotti e Barbassa (2010), Tucci (2005) e Tucci (2000), calculam o coeficiente de escoamento relacionando as precipitações com a permeabilidade da bacia, no entanto, nesta pesquisa, o cálculo realizado será relacionando o coeficiente com a permeabilidade do perímetro urbano nos anos de 2010 e 2020, possibilitando analisar as modificações, no quesito de escoamento da área de estudo, a área urbana onde ocorrem os desastres naturais relacionados às águas urbanas neste período de 10 anos.

Adota-se a fórmula de cálculo para o coeficiente de escoamento, conforme Tucci (2005) (Equação 1):

$$C = \frac{C_p A_p + C_i A_i}{A_p + A_i} \quad (1)$$

A Equação 2 pode ser simplificada, de acordo com o seguinte (Equação 3):

$$C = \frac{C_p A_p}{A_t} + \frac{C_i A_i}{A_t} = C_p + (C_i - C_p) \times A_i \quad (2)$$

Onde:

- C_p = coeficiente de escoamento de área permeável;
- A_p = área com superfície permeável;
- C_i = coeficiente de escoamento da área impermeável;

- A_i = área com superfície impermeável;
- A_t (área total) = $A_p + A_i$
- A_l (parcela de áreas impermeáveis) = A_i/A_t

Ainda, Tucci (2000) apresentou uma equação que permita uma estimativa média desse valor (Equação 3):

$$C = 0,047 + 0,9 \cdot A_l \quad (3)$$

Considerando que C_i corresponde ao coeficiente de escoamento de uma parcela urbanizada, adotou-se o valor de 0,95 que representa, principalmente, superfícies de asfalto e concreto, nas quais o valor é próximo do limite superior. Já para o C_p , utilizou-se o valor 0,047, que é o mesmo utilizado em cálculos de bacia rural. Apesar de o valor do coeficiente de escoamento não ser sempre o mesmo, pois varia de acordo com condicionantes físicos, permite uma estimativa.

O coeficiente médio, conforme Tucci (2000), pode ser representado por meio de uma relação linear com a taxa de áreas impermeáveis, onde os coeficientes expressam os valores das áreas permeáveis e impermeáveis. Ou seja, como percebe-se no segundo termo da equação, a influência de A_l depende da diferença entre os coeficientes.

Portanto, o próprio coeficiente de escoamento não possui um valor fixo, mas oscila conforme a magnitude das enchentes, as condições iniciais, as características da distribuição da precipitação, o tipo de solo, entre outros (TUCCI, 2005).

5.5.1.1 *Coeficiente de escoamento em 2010*

Em 2010, o perímetro urbano estabelecido era o mesmo de 2007, com 253,89km², onde havia uma efetiva ocupação urbana de 11,57km², correspondendo a 4,55% da área total do perímetro. Aplicando-se o cálculo do coeficiente tem-se (Equação 4):

$$C = 0,047 + 0,9 \cdot A_l$$

$$C = 0,047 + 0,9 \cdot 0,046 \quad (4)$$

$$C = 0,088$$

Portanto, o coeficiente de escoamento médio do ano de 2010, considerando-se áreas permeáveis e impermeáveis dentro do perímetro urbano, foi calculado o valor em 0,088.

5.5.1.2 *Coeficiente de escoamento em 2020*

Já no cenário de 2020, a efetiva ocupação urbana aumentou para 17,41 km², enquanto o perímetro urbano permanecia o mesmo de 2007, com 253,89 km², sendo assim, passou a representar uma parcela de 6,86% da área total do perímetro. Cabe salientar que o aumento de 11,57 km² para 17,41 km² significou um aumento de praticamente 50% em área. Aplicando-se o cálculo do coeficiente tem-se (Equação 5):

$$C = 0,047 + 0,9. A1$$

$$C = 0,047 + 0,9.0,069$$

$$C = 0,109 \quad (5)$$

Sendo assim, considerando-se áreas de permeabilidade dentro do perímetro urbano o coeficiente de escoamento médio do ano de 2020, foi calculado o valor de 0,109.

5.5.1.3 *Análise da variação do coeficiente de escoamento de 2010 para 2020*

Do ano de 2010 até o ano de 2020, a área efetivamente urbanizada aumentou em 50,42%, já o coeficiente passou de 0,088 para 0,109, aumentando em 23,86%, e corroborando com a teoria de relação linear com a taxa de áreas impermeáveis, ou seja, em um mesmo cenário de tipo de solo, ao se elevar o índice de urbanização há um aumento também no coeficiente. Houve, portanto, uma piora no Coeficiente de Escoamento.

Sendo assim, já sabendo que a área urbanizada (leia-se impermeabilizada) aumentou de 2010 para 2020, seria de se esperar que o Coeficiente de Escoamento

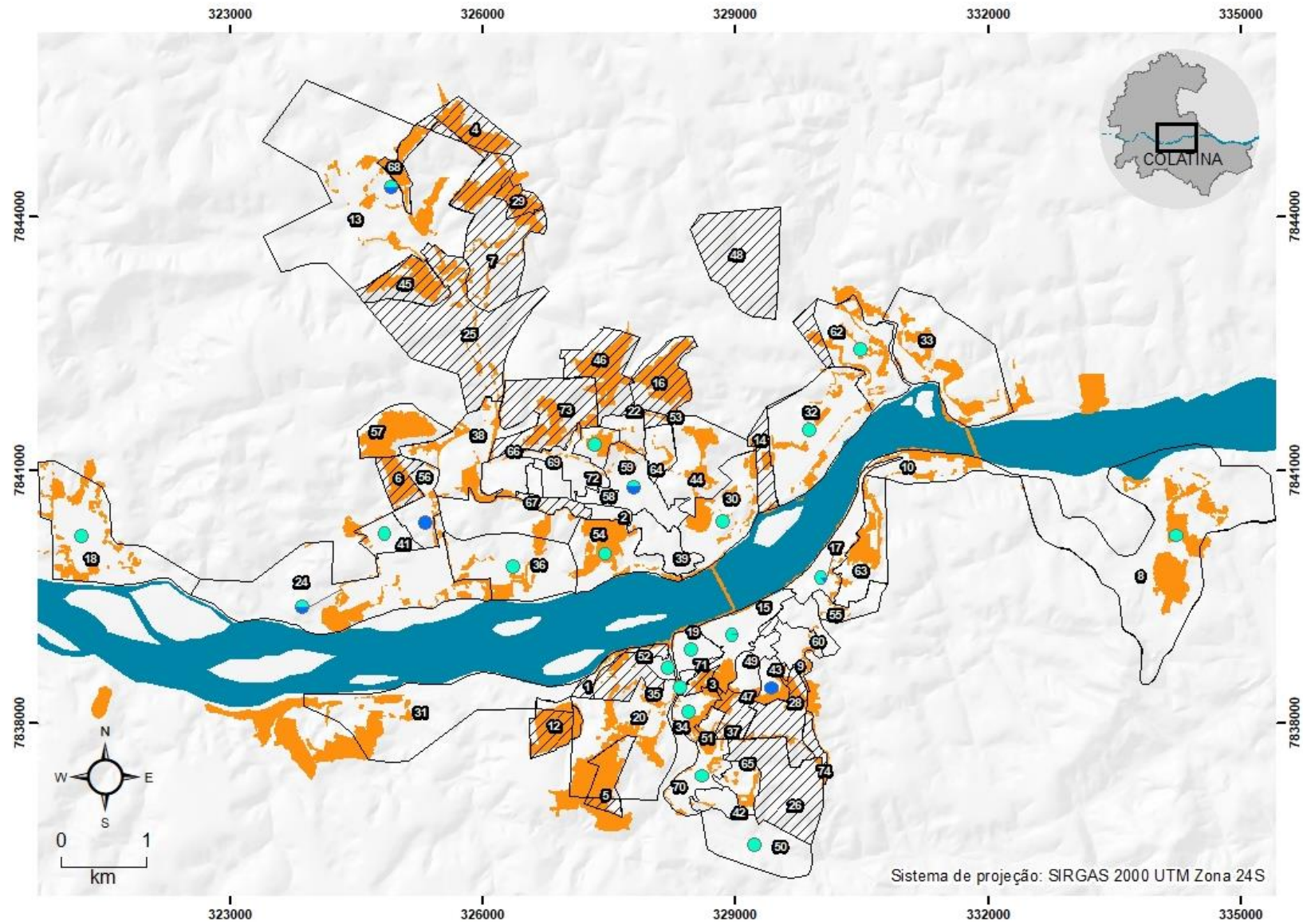
aumentasse. Neste cenário, se houvesse ocorrências de pluviosidade nas mesmas condições físicas de 2010, os impactos e a probabilidade de registrarem ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas seria ainda maior, pois existiam mais áreas impermeáveis que impediam a infiltração da água.

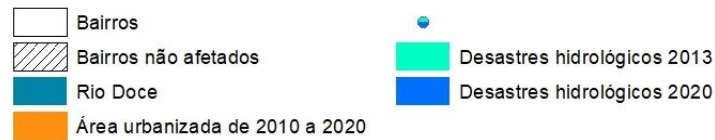
O Mapa 26 demonstra a expansão da área efetivamente urbanizada neste período de 10 anos. Constata-se que a expansão urbana (2010 – 2020), aconteceu, tanto em bairros afetados pelos desastres naturais relacionados às áreas urbanas, quanto em bairros não afetados.

Em relação aos desastres hidrológicos, o mapa permitiu depreender que alguns bairros que cresceram em área urbanizada já haviam apresentado eventos de desastres hidrológicos em 2013, e voltaram a apresentar em 2020. De forma isolada, observa-se que o Raul Gilberti (50) não aumentou em área urbanizada neste período, entretanto, em 2020 constatou-se evento de desastre hidrológico pela primeira vez.

Por outro lado, os bairros Operário (43) e São Judas Tadeu (55), também sofreram com desastres hidrológicos pela primeira vez, mas, diferentemente, ambos contaram com tal urbanização. Ou seja, neste caso, pode-se considerar que a urbanização e consequentemente a impermeabilização nestes bairros influenciou para novas ocorrências no município.

Mapa 26 – Área urbanizada entre 2010 e 2020 e relação com as ocorrências em 2013 e 2020



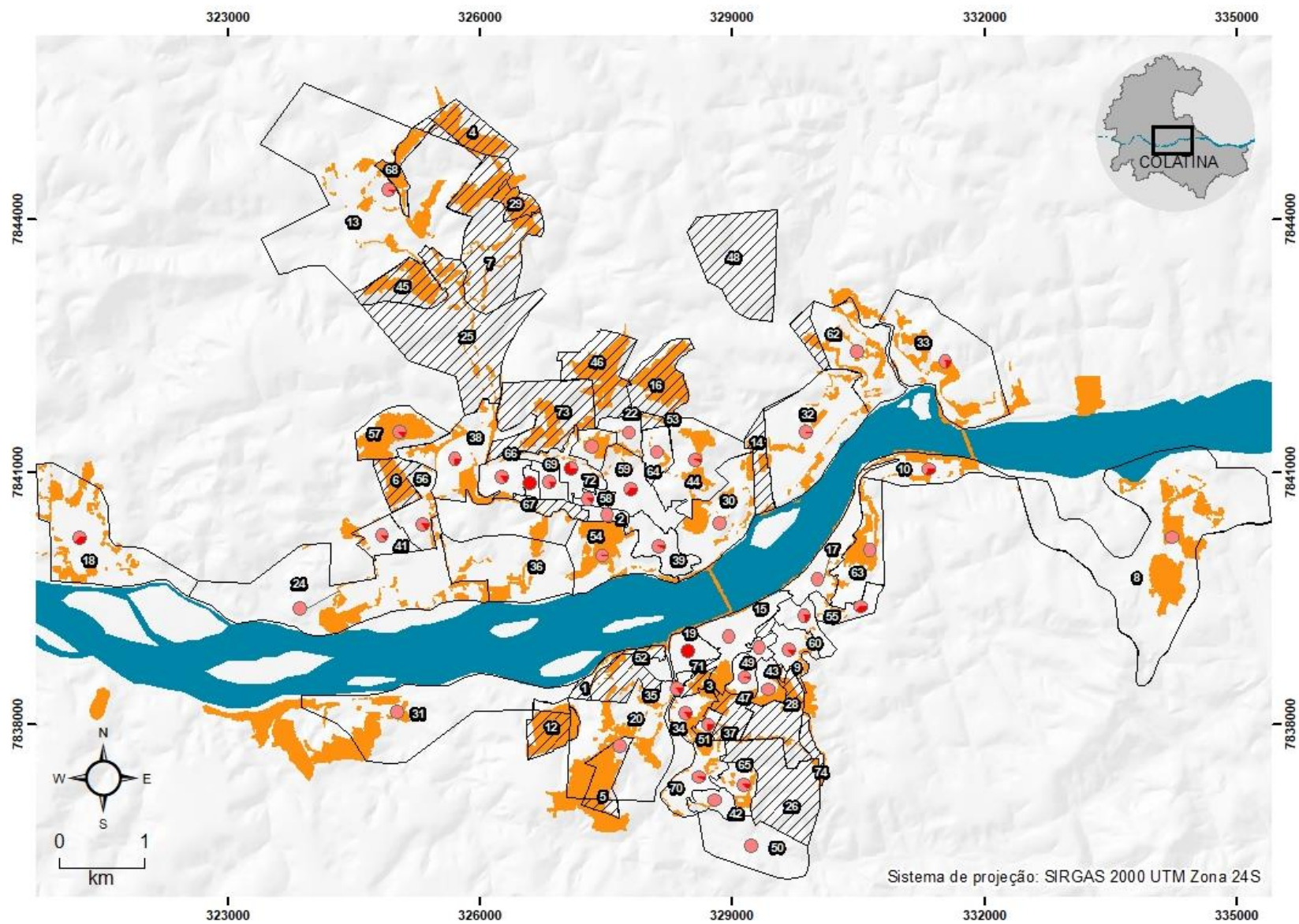


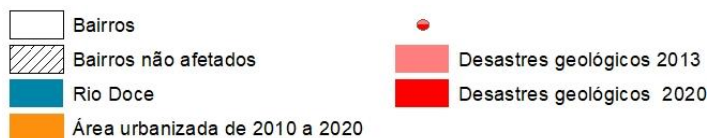
Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e PMC (2020). Mapa elaborado pela autora (2022).

Já em relação às ocorrências de desastres geológicos e a expansão de área urbanizada de 2010 a 2020, no Mapa 27, mostra, novamente, um caso isolado, no qual o bairro Nossa Senhora Da Penha (40) não aumentou em área urbanizada, mas, pela primeira vez surgiu ocorrência desta classe.

Os bairros Bela Vista (9), Luiz Iglesias (31) e Vila Real (72) também foram afetados por desastres geológicos pela primeira vez em 2020, mas, acompanhando o crescimento de áreas urbanizadas, neste sentido, entende-se que nestes bairros existe relação entre o aumento de urbanização e os desastres dessa ordem.

Mapa 27 – Área urbanizada entre 2010 e 2020 e relação com as ocorrências em 2013 e 2020





Fonte: Defesa Civil Colatina (2022) e PMC (2020). Mapa elaborado pela autora (2022).

Foi, então, possível observar os locais de notificações de ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas nos anos 2013 e 2020. Sendo assim, concluiu-se dois pontos importantes: houve diversos locais com recorrências de registros de ambas as classes de desastres, hidrológico e geológico; e, em 2020, foram registrados novos desastres dentro de bairros onde houve expansão de área urbanizada, indicando uma relação entre impermeabilização dos bairros e o surgimento de ocorrências.

5.6 COLABORAÇÃO DA OCUPAÇÃO URBANA PARA A OCORRÊNCIA DE DESASTRES HIDROLÓGICOS E GEOLÓGICOS EM COLATINA

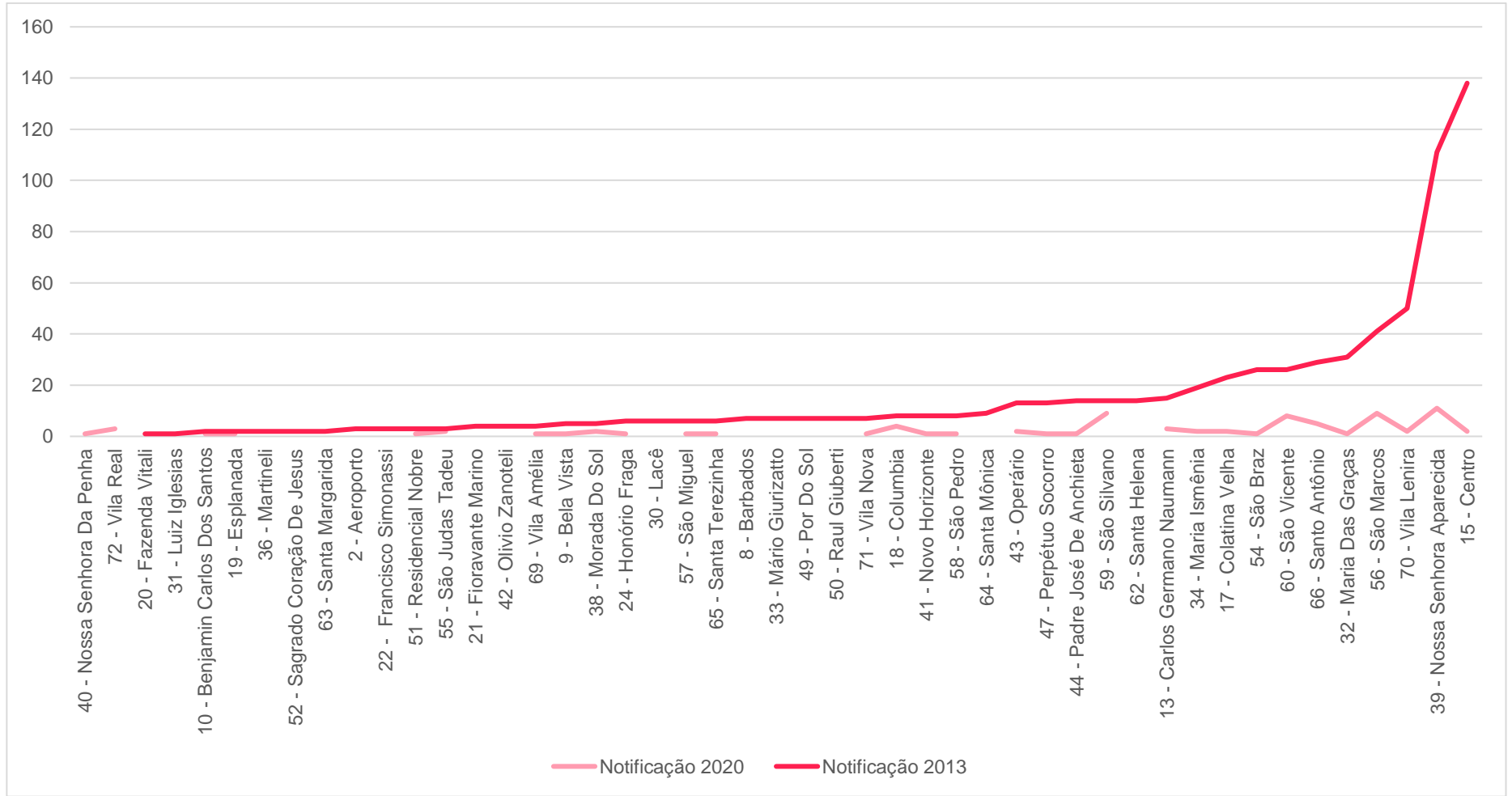
Com a finalidade de compreender a evolução do cenário do município em relação à ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina entre os anos de 2013 e 2020, foram realizadas duas análises finais. A primeira, investigou o número de bairros afetados, os números de notificações em cada um e uma comparação em cada ano. A segunda análise, com o intuito de corroborar com a primeira, investigou a ocupação urbana de cada bairro. Neste sentido, foi possível ponderar sobre a relação entre a ocupação urbana e as ocorrências de desastres.

5.6.1 Evolução do cenário de ocorrência desastres naturais entre 2013 e 2020

O Gráfico 26 mostra a relação entre o número de notificações totais registradas em 2013 e 2020, ou seja, a somatória de notificações de desastres hidrológicos mais o número de notificações de desastres geológicos de cada ano. Constata-se que 2013 foi, nitidamente, mais grave.

Nem todos os bairros atingidos em 2013 foram atingidos novamente em 2020, enquanto, em 2020 houve bairros atingidos pela primeira vez. É possível comparar, isoladamente, cada bairro, verificando em qual ano foi mais afetado.

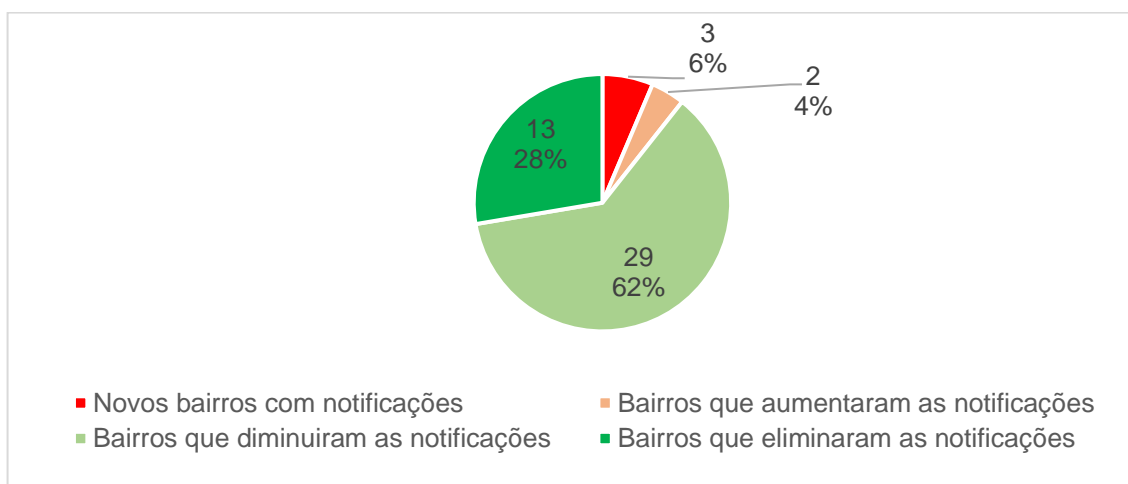
Gráfico 26 – Número de notificações de desastres em 2013 e em 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

O Gráfico 27 tem o intuito de demonstrar a evolução do cenário, entre 2013 e 2020, em relação às ocorrências de desastres de cada bairro. Neste sentido, o gráfico foi elaborado comparando o número de notificações de cada bairro, nos dois anos supracitados. Confrontando os valores, investigou-se quantos bairros aumentaram os números de notificações, quantos bairros diminuíram o número de notificações, se houve bairros que não tiveram mais notificações e ainda, se surgiram novos bairros com notificações e a quantidade.

Gráfico 27 – Número de bairros com notificações em 2013 e 2020



Fonte: Defesa Civil Colatina (2022). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Com isso, analisando os 47 bairros já afetados pelos desastres naturais relacionados às águas urbanas, seja em 2013, em 2020, ou em ambos, verificou-se que apenas dois bairros aumentaram o número de notificações, enquanto 29 bairros diminuíram este número e 13 bairros não tiveram as notificações. Por outro lado, três novos bairros registraram notificações pela primeira vez.

Contudo, apesar de todo dano e prejuízo, observa-se uma evolução positiva, demonstrando que, no montante de fatores, o ano 2020 sofreu significativamente menos com as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas, se comparado ao ano 2013. No próximo tópico buscou-se compreender a conformação da cobertura do solo no intuito de verificar a influência sobre a diferença do cenário dos anos entre 2013 e 2020.

5.6.2 Cobertura do solo em 2020

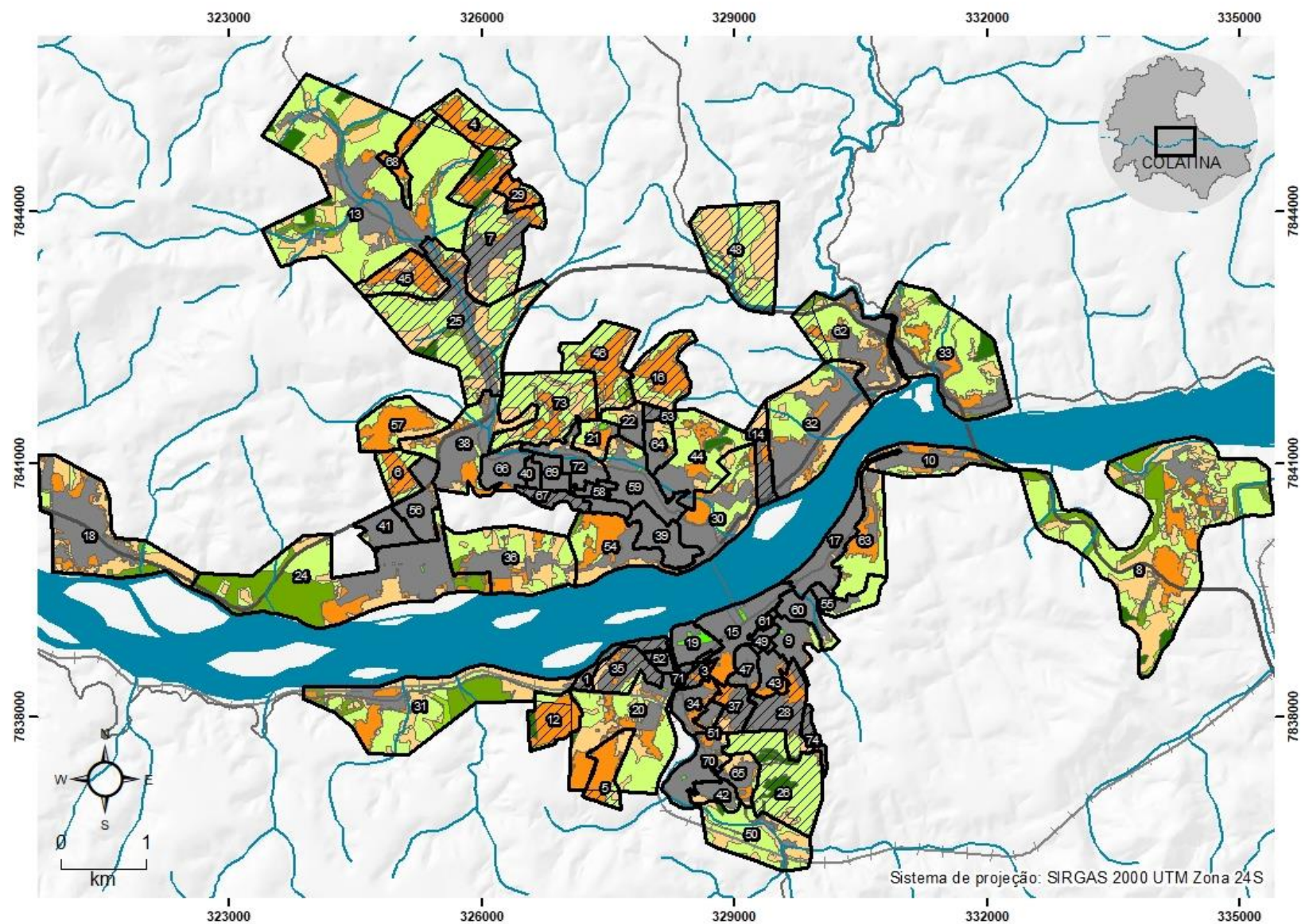
Como mencionado anteriormente, o coeficiente de escoamento varia conforme a pluviosidade e a capacidade de infiltração do solo e esta é diretamente relacionada à cobertura do solo. Colatina possui a morfologia de um vale, onde o relevo acidentado condicionou a ocupação do território.

Assim, formou-se um núcleo de partida próximo ao rio Doce e, ao longo dos anos, essa região central com pequenos lotes tornou-se majoritariamente ocupada pelos setores de comércio e serviços, enquanto foram sendo inseridos loteamentos residenciais nas franjas urbanas. Portanto, em função do mercado imobiliário, cada vez mais as áreas naturais foram dando lugar às áreas construídas.

Neste sentido, o Mapa 28 mostra a conformação da cobertura do solo na área de estudo no ano de 2020 por bairro. Indica, também, quais bairros já foram atingidos por desastres naturais relacionados às águas urbanas.

Nesse aspecto em relação à ocupação efetivamente urbanizada, o lado Sul do Rio Doce encontra-se visivelmente saturado, enquanto o lado Norte ainda possui algumas áreas livres, podendo induzir este movimento. Outro ponto, observando-se isoladamente os bairros ainda não afetados, verifica-se, que alguns possuem áreas livres, ainda passíveis de ocupação urbana e, conseqüentemente, de impermeabilização.

Mapa 28 – Cobertura do solo 2020 da área analisada



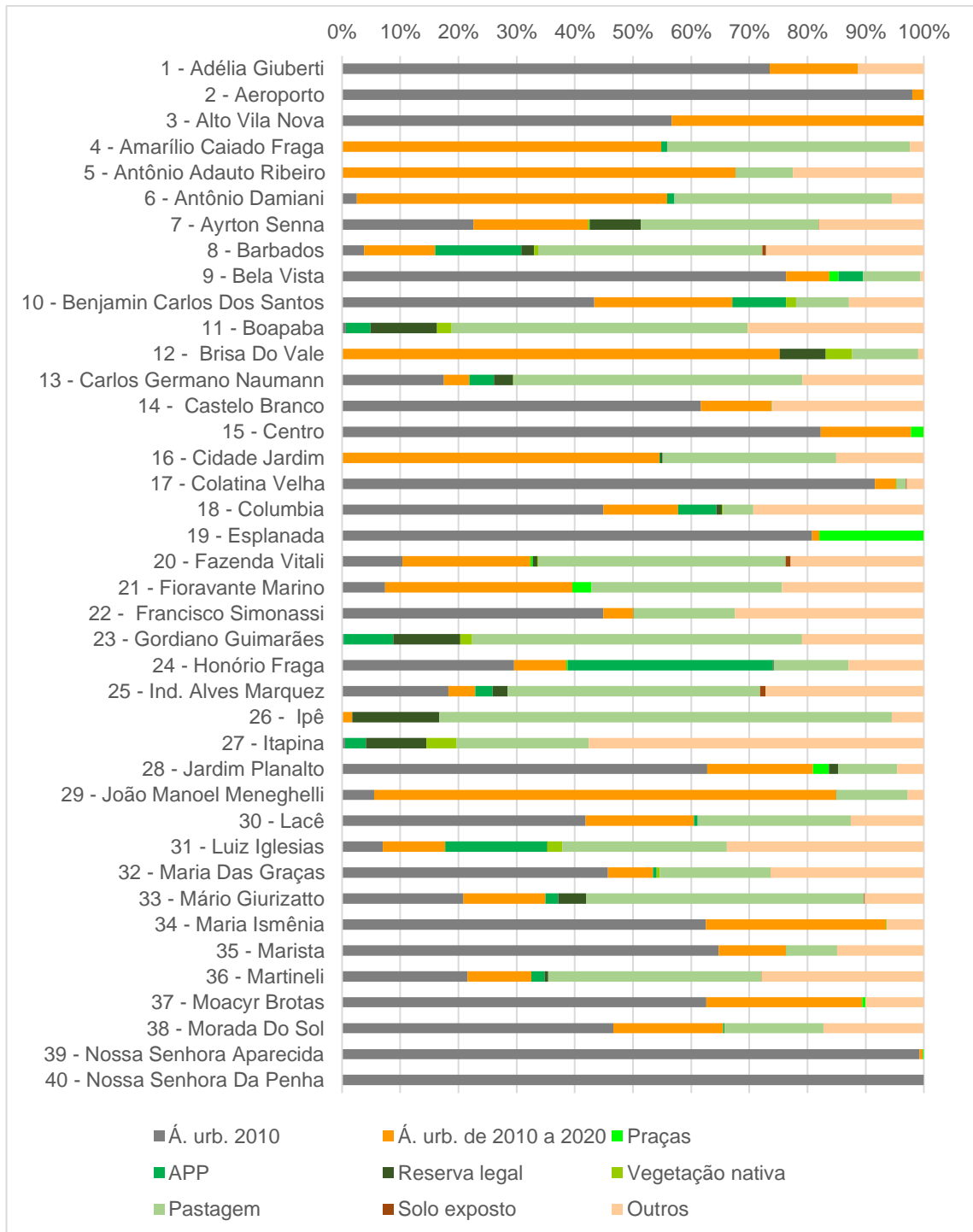


Fonte: PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Mapa elaborado pela autora (2022).

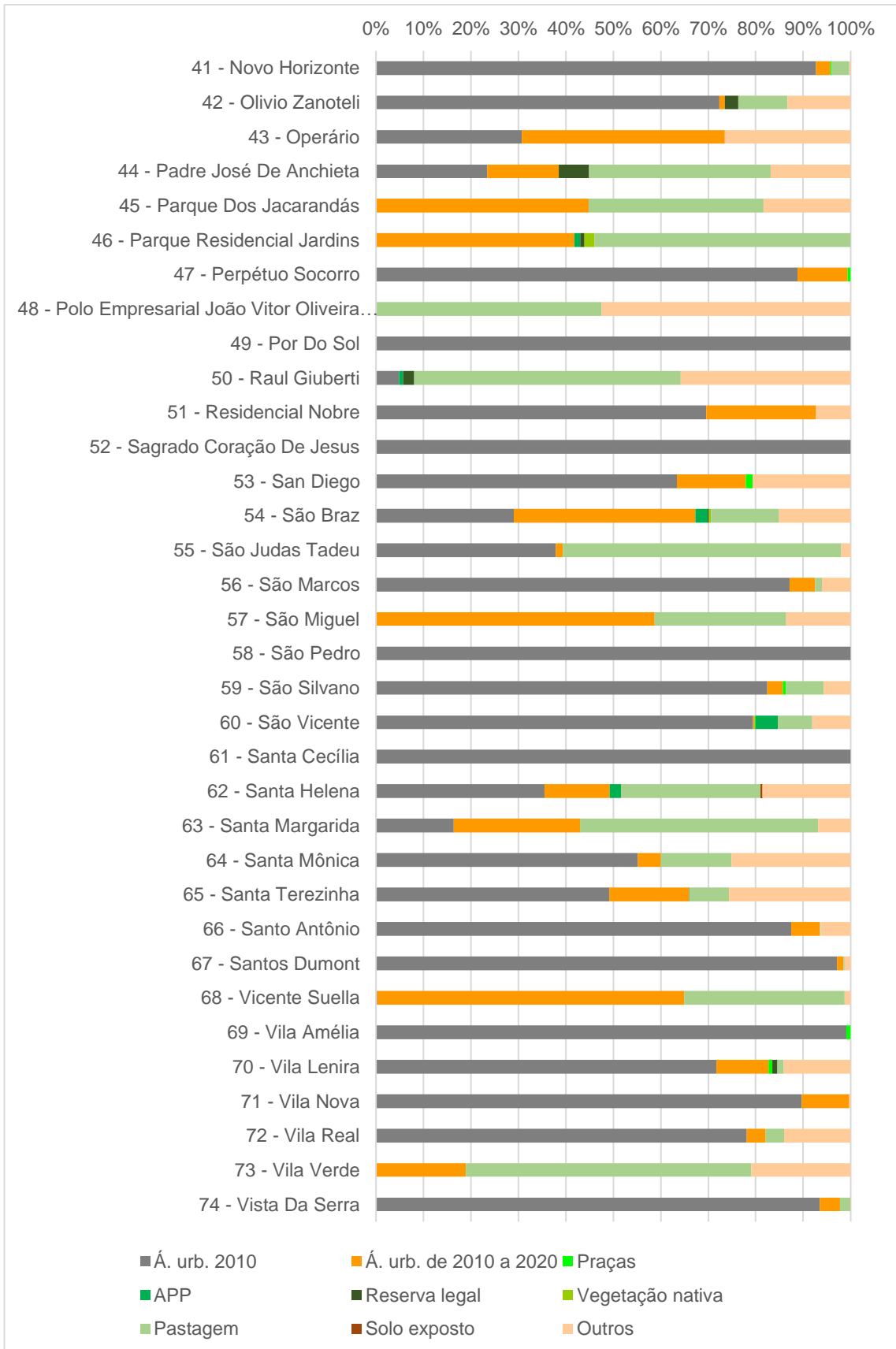
De forma complementar, o Gráfico 28 mostra a proporção do tipo de cobertura em cada bairro, indicando cada classe em porcentagem. De maneira geral, em relação à urbanização (áreas efetivamente urbanizadas), percebe-se que a maioria dos bairros já era notavelmente ocupada em 2010.

Cinquenta e três bairros já haviam consolidado de 50% a 100% de sua área urbanizada. Por outro lado, a partir de então, nove outros bairros surgiram, desde 2010 até 2020. Ainda, outros 10 bairros cresceram mais de 50% de área efetivamente urbanizada nestes. Sendo assim, percebe-se uma considerável impermeabilização do território.

Gráfico 28 – Proporção de tipo de cobertura do solo por bairro, em 2020 (%)⁶



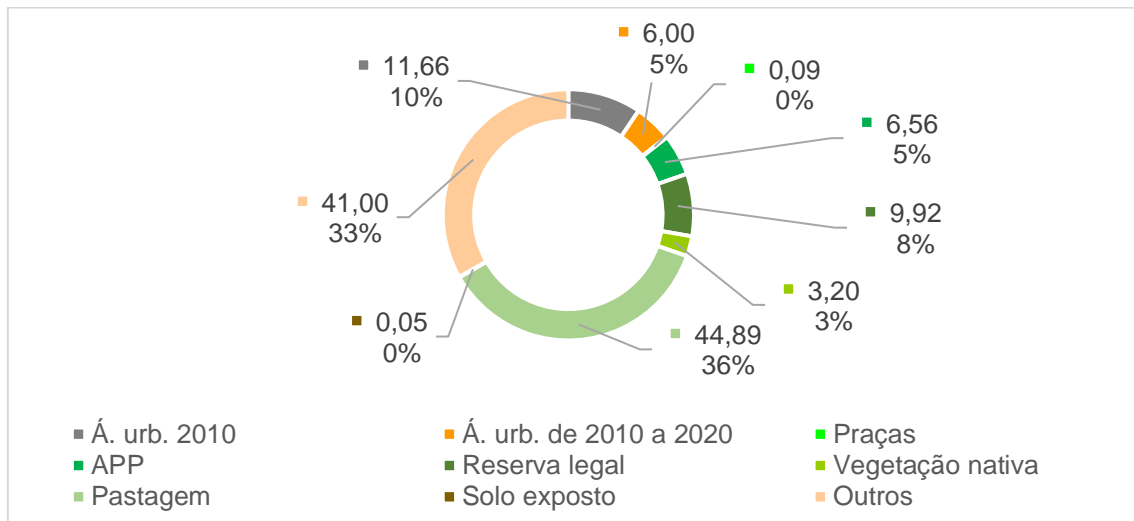
⁶ Outros: Afloramento Rochoso; Brejo; Campo Rupestre/Altitude; Cultivo Agrícola – Abacaxi; Cultivo Agrícola – Banana; Cultivo Agrícola – Café; Cultivo Agrícola - Cana De Açúcar; Cultivo Agrícola - Coco da Baía; Cultivo Agrícola – Mamão; Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Permanentes; Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários; Extração Mineração; Macega; Massa D’água; Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração; Reflorestamento – Eucalipto; Reflorestamento - Seringueira



Fonte: PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Mapa elaborado pela autora (2022).

De forma geral, considerando apenas a área de estudo, em relação à cobertura do solo, o Gráfico 29 permite visualizar que, apesar da significativa área efetivamente urbanizada (15% da área), o território ainda possui vegetação natural (vegetação nativa; APP; reserva legal) considerável (21% da área). Entretanto, não são distribuídas de forma proporcional aos bairros. Pelo contrário, percebe-se sua concentração nas áreas periféricas em contraponto a sua ausência desta nos bairros centrais e consolidados.

Gráfico 29 – Proporção de tipo de cobertura do solo na área analisada (km²)



Fonte: PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Desta forma, observa-se que a área urbanizada aumentou de 2010 a 2020 (de 41 km² para 47 km²), e a população passou de 98395 habitantes no perímetro urbano em 2010, para cerca de 93099 habitantes em 2020. A densidade populacional diminuiu, passando de 24 hab/hectare para 19 hab/hectare, o que é um problema (OLIVEIRA, 2022).

Sabe-se que a dispersão urbana agrava problemas de ordem climática como desequilíbrios hidrológicos, alagamento e inundações, ilhas de calor - dentre outros - face a supressão de áreas vegetadas e impermeabilização do solo. Considerando novamente que a urbanização de novas áreas ocorre em áreas periurbanas, portanto, áreas afastadas dos bairros centrais, no qual concentram-se os setores de comércio e serviço, criam-se questões relacionadas às novas infraestruturas: transporte, água, esgoto, rede elétrica e pavimentação.

Além disso, após a análise dos dados acerca da área de estudo, percebe-se que grande parte da área é ocupada com pastagem (36%), suscetível à urbanização.

Neste sentido, nota-se relação direta com a expansão da área urbanizada, pois tais áreas geralmente localizam-se nas áreas periurbanas, e acaba por estimular a ocupação de vales e morros, área vulneráveis desastres hidrológicos e geológicos.

Por conseguinte, no próximo tópico foi apresentada a relação entre os efeitos da cobertura do solo e a ocorrência de desastres naturais relacionadas às águas urbanas.

5.6.3 Ocorrências de desastres naturais e cobertura do solo em Colatina

Como já mencionado anteriormente, Colatina possui cerca de 1.398,21 km², sendo que para este trabalho foi realizado um recorte espacial da área urbana, no qual, foram analisados 74 bairros, que somam 123,37 km², ou seja, cerca de 8,82% do território.

Como já apresentado, 47 destes bairros são afetados pelos desastres naturais relacionados às águas urbanas enquanto os outros 27 não. Neste sentido, o Quadro 13 mostra em área (km²), a conformação da cobertura do solo dos 74 bairros, dividindo entre os bairros afetados e aqueles não afetados.

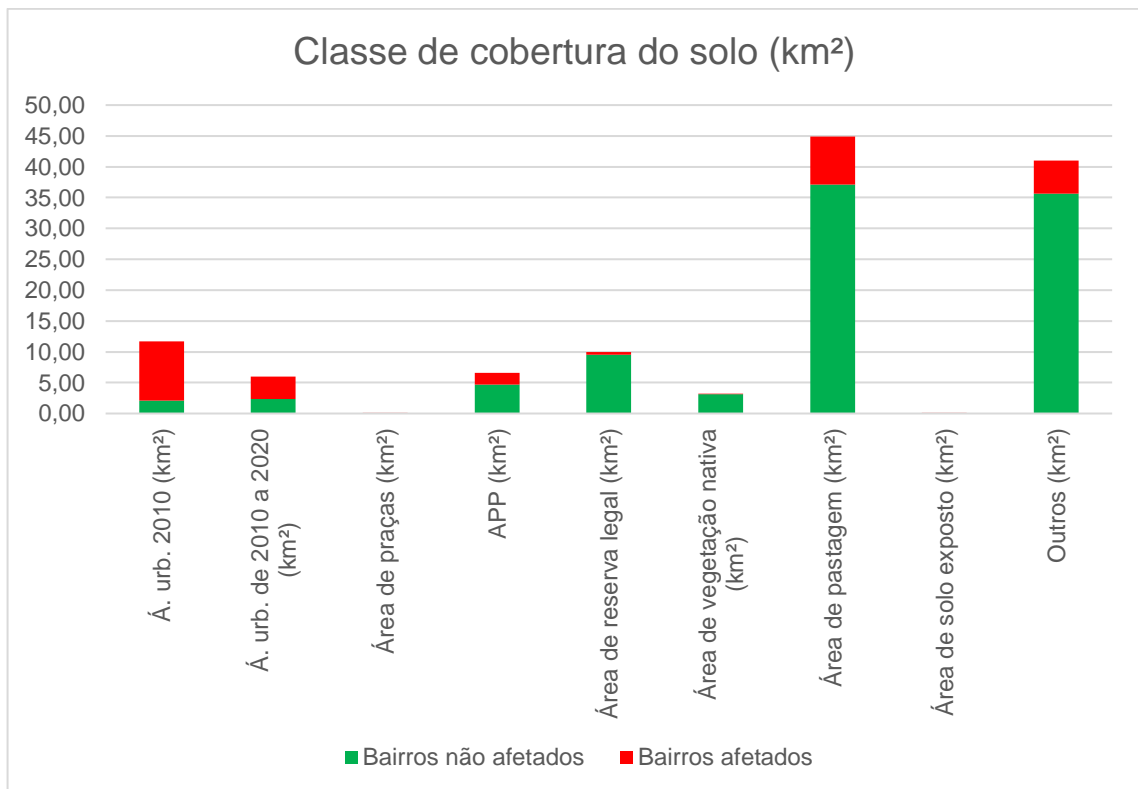
Quadro 13 – Distribuição área de classe de cobertura do solo em bairros afetados e não afetados

	Bairros não afetados	Bairros afetados
Número de bairros	27	47
Número de notificações	0	813
Área total dos bairros (km ²)	94,52	28,85
Área urbanizada até 2010 (km ²)	2,09	9,57
Área urbanizada de 2010 a 2020 (km ²)	2,39	3,61
Área de praças (km ²)	0,01	0,08
Área Preservação Permanente (APP) (km ²)	4,66	1,90
Área de reserva legal (km ²)	9,56	0,36
Área de vegetação nativa (km ²)	3,11	0,09
Área de pastagem (km ²)	37,08	7,81
Área de solo exposto (km ²)	0,02	0,04
Outros (km ²)	35,61	5,39

Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022), PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Gráfico elaborado pela autora (2022).

De forma complementar, o Gráfico 30, permitiu visualizar a distribuição de cada classe da cobertura do solo em área (km²) nos bairros afetados pelos desastres naturais relacionados às águas urbanas e naqueles não afetados.

Gráfico 30 – Área de classe de cobertura do solo em bairros afetados e não afetados

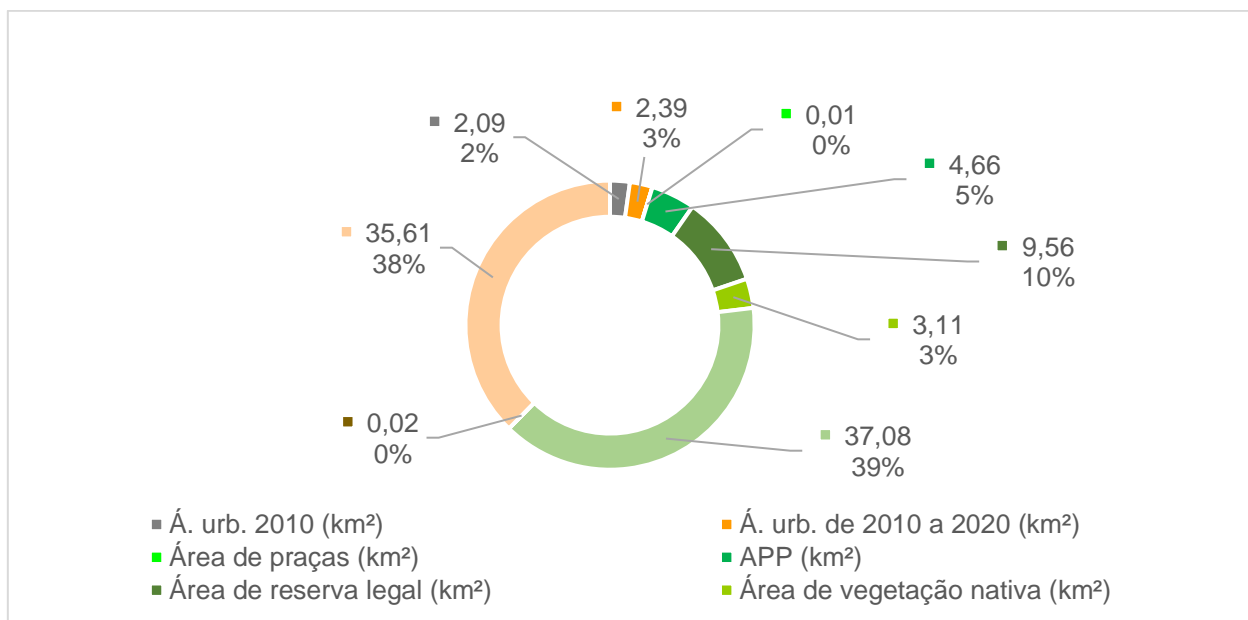


Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022), PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Com a finalidade de compreender e comparar a cobertura do solo nos bairros não afetados e naquelas afetados foram produzidos os Gráficos 31 e 32. A primeira figura mostra a conformação da cobertura do solo no grupo de bairros não afetados (somatório das áreas dos 27 bairros), ou seja, mostra quanto de cada classe do tipo de cobertura o grupo possui.

O gráfico mostra a distribuição de cada classe em área (km²) e em porcentagem. Neste sentido, percebe-se, por exemplo, que o grupo de bairros não afetados possui apenas 5% de área urbanizada, 10% de área de reserva legal e 39% de área de pastagem. Esta observação reforça a ideia da ocupação urbana como indutora de desastres.

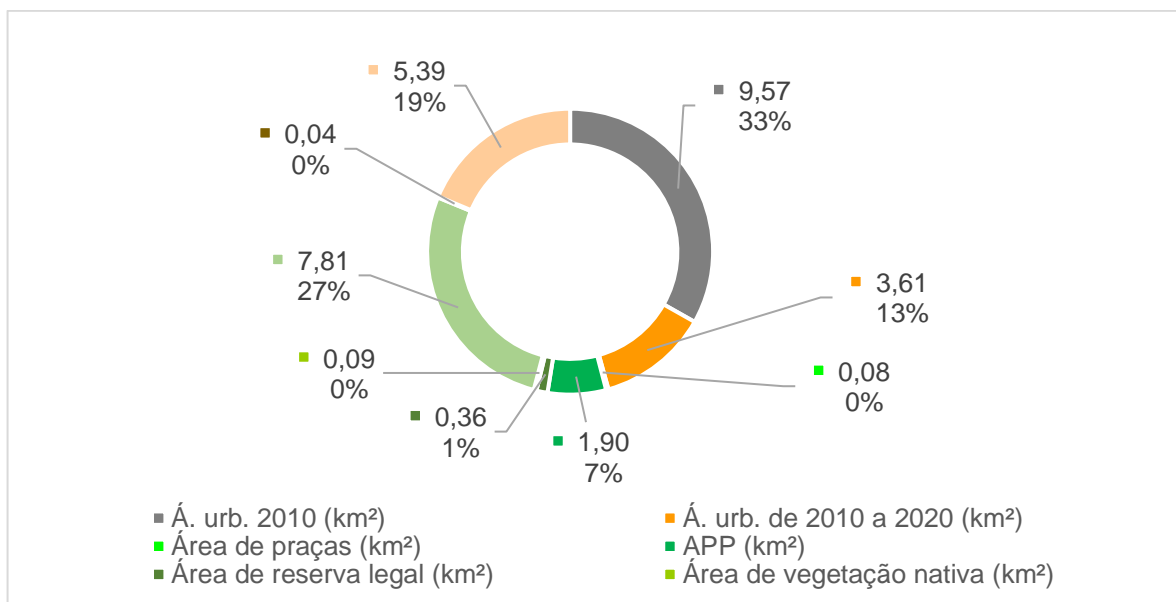
Gráfico 31 – Conformação da cobertura do solo de bairros não afetados



Fonte: Defesa Civil de Colatina (2022), PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016). Gráfico elaborado pela autora (2022).

Em seguida, o Gráfico 32 mostra a conformação da cobertura do solo no grupo de bairros afetados (somatório das áreas dos 47 bairros), em porcentagem e área (km²) de cada classe do tipo de cobertura do solo. Sendo assim, neste grupo, percebe-se, por exemplo, que 46% da área é efetivamente urbanizada, enquanto 1% é composta por área de reserva legal e 27% de área de pastagem.

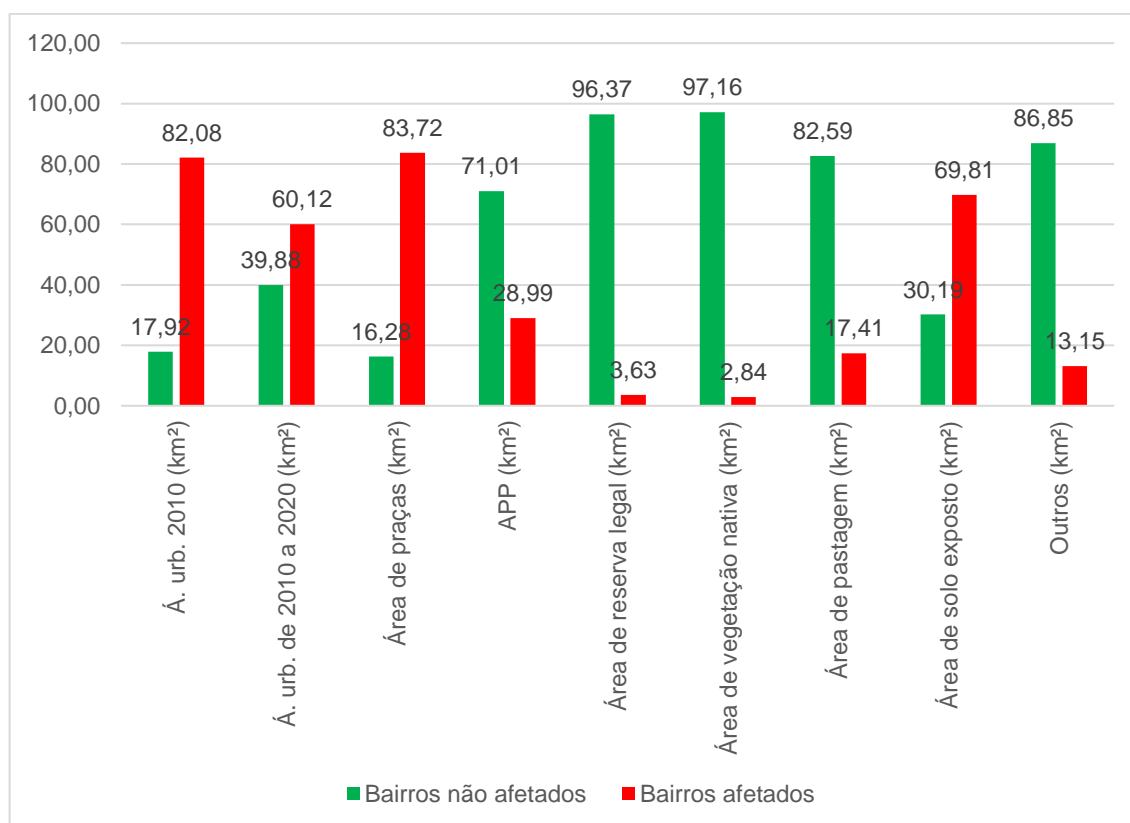
Gráfico 32 – Conformação da cobertura do solo de bairros afetados



Fonte: a autora (2022), elaborado a partir de Defesa Civil de Colatina (2022), PMC (2022), Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR, 2022), GEOBASES (2022) e Simões (2016).

Complementarmente, o Gráfico 33 mostra a porcentagem de cada classe dos tipos de cobertura do solo pertence a qual grupo de bairros. Deste modo, verifica-se que 82% de toda área urbanizada até 2010 pertence aos bairros afetados, e que 60% área total urbanizada entre 2010 e 2020 também pertence ao grupo de bairros afetados, enquanto as classes de vegetação estão de forma predominante no grupo de bairros não afetados.

Gráfico 33 – Porcentagem de cada classe dos tipos de cobertura do solo



Fonte: Defesa Civil de Colatina, PMC, Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), GEOBASES Simões (2016). Elaborado pela autora (2022).

Neste sentido, verificou-se a relação entre a ocupação urbana e a ocorrência de desastres relacionados às águas urbanas nos bairros de Colatina, sustentando a hipótese de que o tipo de cobertura do solo influencia diretamente na ocorrência de tais desastres. Como maneira de sintetizar os resultados expostos ao longo deste capítulo, a seguir serão elencados os principais pontos observados pelas análises em Colatina, quanto aos fatores influentes sobre a ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas e a colaboração da ocupação urbana para tais ocorrências.

5.7 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os resultados obtidos demonstraram que 47 bairros – 63% do total – já foram afetados pelos desastres naturais relacionados às águas urbanas, sendo que alguns sofreram, apenas, em 2013, e outros em 2020, somente. Alguns foram atingidos por desastres

hidrológicos, outros com desastres geológicos, ou pela associação e recorrências destes.

Em 2013, 44 bairros foram atingidos. Já em 2020, foram atingidos 34 bairros. Em ambas as ocasiões analisadas, o maior número de notificações estava relacionado aos desastres geológicos, demonstrando grande vulnerabilidade neste aspecto.

Os resultados demonstraram que os fatores influentes sobre as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina – ES, nos anos de 2013 e 2020, são compostos por sete aspectos principais. Ao comparar-se os anos de 2013 e 2020, o primeiro teve mais notificações registradas na Defesa Civil Municipal. O fator pluviosidade pode apoiar este dado pois, analisando os anos de 2013 e 2020, o primeiro teve média anual de 104,83 mm, enquanto 2020 teve média anual de 90,93 mm.

A vulnerabilidade urbana está correlacionada com aspectos socioeconômicos, considerando a relação entre desastres naturais e infraestrutura urbana, além das condições socioeconômicas. Neste sentido, o fator renda se mostrou relevante quando associado aos desastres hidrológicos.

De maneira geral, a porcentagem de domicílios com arborização no entorno nos bairros, refletiu de maneira sutil no número de notificações registradas, demonstrando sua relevância para evitar tais ocorrências. Acerca dos domicílios com presença de lixo no entorno, notou-se que, predominantemente, os bairros que apresentaram tal deficiência foram afetados pelos desastres. Sobre os domicílios com a presença de bueiros e bocas de lobo no entorno, observou-se que, quanto maior a presença destes elementos no bairro, menor o número de notificações.

Associando os aspectos supracitados e adicionando o fator cobertura do solo – que atua na capacidade de infiltração da água –, além do ciclo hidrológico, uma das etapas mais afetadas por estes elementos é o escoamento superficial. Neste sentido, calculou-se o coeficiente de escoamento a partir das áreas permeáveis e impermeáveis, nos anos de 2010 e 2020, observando-se a influência da impermeabilização do solo na ocorrência de desastres.

De forma mais direta, investigou-se o fator antrópico por meio da análise da cobertura do solo, nos anos de 2010 e 2020, inferindo-se que a maior parte de área urbanizada (impermeabilizada) está nos bairros afetados, enquanto a maior parte das áreas vegetadas compõem os bairros não afetados. Comprovou-se, então, a influência da cobertura do solo nas ocorrências dos desastres naturais estudados.

De tal forma, o trabalho também apontou alguns fatores influentes sobre a ocorrência de desastres naturais relacionados às águas urbanas. Assim, é possível verificar seus aspectos e particularidades, ressaltando que podem atuar de maneira benéfica ou no sentido contrário, potencializando as condições prejudiciais.

Ao longo de toda pesquisa, foram apontados os prejuízos ocasionados pelos desastres. Portanto, desconsiderar tais fatores sem, efetivamente, admiti-los em projetos urbanos implica em questionar a qualidade no qual de fato a cidade está sendo produzida.

6 CONCLUSÃO

A relação do homem com a água é muito estreita desde o início das civilizações. Os eventos hidrológicos extremos são inevitáveis e ocorrem com ou sem a presença dos seres humanos. Em ambiente natural, por exemplo, as cheias são apenas fenômenos naturais, enquanto em áreas urbanizadas resultam nos conhecidos “desastres naturais”.

A contemporaneidade tem que sustentar uma estreita e delicada relação de convivência entre a urbanização e os eventos hidrológicos. Quando não há um planejamento urbano adequado, que equilibre essa relação das cidades com as águas urbanas, há uma tendência em que ocorram efeitos nocivos oriundos dos desastres. Essa condição é subordinada a fatores que podem amenizar ou potencializar seus efeitos.

Colatina, o objeto deste estudo, foi vitimada por recorrentes desastres hídricos e geológicos. Neste sentido, esta pesquisa teve o objetivo de identificar fatores que influenciaram as ocorrências de desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina-ES, nos anos de 2013 e 2020, e investigar a colaboração da ocupação urbana para tais ocorrências.

Para atingir o objetivo proposto, este trabalho apontou fatores influentes ambientais, socioeconômicos, de infraestrutura urbana, uso e cobertura do solo de Colatina-ES e verificou a associação entre tais fatores. Destaca-se como elemento em comum entre eles, o mais relevante no estudo: a ação antropogênica e seus impactos negativos. Portanto, demonstra vulnerabilidades do município, trazendo informações que podem ser utilizadas para mitigação e/ou adaptação à problemática estudada.

Neste sentido, verificou-se que o ano de 2013 apresentou maior número de notificações indo ao encontro do maior índice pluviométrico neste ano, quando comparado ao ano de 2020. Ainda, percebeu-se que especialmente os desastres hidrológicos apresentam relação com a renda. Já em relação aos desastres geológicos destacou-se a associação com a porcentagem de bairros com domicílios com arborização no entorno. De maneira geral, os bairros com alta porcentagem de domicílios com elementos de drenagem podem ter corroborado para o menor número de notificações de ocorrências. Acerca da ocupação urbana, percebeu-se que o fator antrópico dispôs de considerável peso sob o número de notificações de desastres,

pois os bairros afetados apresentam a maior parte da área impermeabilizada, enquanto, a maior parte das áreas vegetadas localizam-se nos bairros não afetados.

Os dados obtidos na pesquisa contribuem para o avanço da reflexão sobre desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina, uma vez que desvelam os fatores que influenciam em tais ocorrências, preenchendo uma lacuna na literatura desta temática, que pode ser o primeiro passo para construção de um instrumento de mensuração e mitigação. Além disso, esses resultados colaboram para a melhor compreensão sobre a ocorrência de desastres hidrológicos e geológicos no que tange ao aspecto da interferência antropogênica. A contribuição teórica desta pesquisa foi apontar possíveis indicadores que possam influenciar na ocorrência de desastres naturais relacionados as águas urbanas. Neste sentido, possibilitar que outras pesquisas, em outros objetos de estudo também identifiquem e analisem tais fragilidades.

Em termos de implicações práticas, os resultados obtidos por esta pesquisa, constituem um diagnóstico preliminar sobre o cenário dos desastres naturais relacionados às águas urbanas em Colatina. Tais achados podem ser utilizados por gestores públicos e planejadores municipais para desenvolver estratégias e políticas públicas de enfrentamento, coerentes com a realidade de seus municípios. Ainda, este estudo contribui com os esforços de planejamento urbano que buscam amenizar as desigualdades sociais, no aspecto de moradias, opondo-se uma prática de ocupação inadequadas de áreas de risco, sendo elas áreas ribeirinhas ou de alta declividade. Desta forma, o estudo busca mostrar vulnerabilidades de um público desfavorecido.

Como limitações da pesquisa cita-se a precariedade das informações encontradas, que não compõem uma amostra que tende à realidade, no sentido de que os documentos disponíveis para análise continham informações vagas, como por exemplo, não apresentavam endereço da ocorrência ou número de pessoas afetadas. Ainda, como se trata de um estudo de recorte espaço-temporal, os dados coletados correspondem a somente dois momentos (2013 e 2020) e apenas na área efetivamente urbanizada, limitando os resultados no que tange à investigação completa do fenômeno sob análise.

Esta pesquisa evidenciou a necessidade de aprimoramentos na coleta de dados e monitoramento, na forma de notificação de ocorrências de eventos hidrológicos e

geológicos e de maior detalhamento, para citar alguns ajustes – necessidades estas não apenas no recorte territorial estudado, mas também para as todas as cidades, visto que é preciso haver uma padronização.

Para futuras pesquisas salienta-se a importância de uma investigação mais ampla do fenômeno, abrangendo também, o aspecto das propriedades dos distintos tipos de solo, além de considerar as áreas rurais. Sugere-se, por fim, que estudos desta natureza sejam realizados com recorte maior, uma vez que este campo de estudos demanda um olhar específico para o recorte territorial de bacias hidrográficas.

Acredita-se que esta pesquisa possa contribuir para evidenciar tais problemas e possibilitar que futuras ações produzam direcionamentos que orientem um adequado ordenamento do território, integrando os aspectos urbanos e ambientais e promovendo maior resiliência. Finalmente, espera-se que a pesquisa possa embasar investigações futuras, subsidiando a elaboração de políticas públicas e a alocação de esforços que auxiliem no enfrentamento aos desastres relacionados às águas urbanas.

REFERÊNCIAS

- ALBANI, V. **Trajetória do crescimento da cidade de Colatina**. 2012. 163 f. (Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. Desastres naturais. São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.
- AMORIM, A. C. **Análise de métodos de determinação do zoneamento bioclimático brasileiro a partir do estudo de caso de Colatina**. 2015. 113 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Viçosa, Viçosa, 2015.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA, Brasil); COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Séries históricas: Colatina 2013-2022**. Brasília, DF: ANA, São Paulo. Disponível em: <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em: 28 de set. 2022.
- ARNELL, N. Human influences on hydrological behavior. In: UNESCO. International Literature Survey. **International Hydrological Programme**. Technical Documents in Hydrology, Paris, IHP III, Project 6.1, 195p, 1989.
- ARTUNDUAGA, T. H. S.; RÍOS, J. F. R. Ciudad compacta vs. ciudad difusa: Ecos antiguos y recientes para las políticas de planeación territorial y espacial. **Cuaderno Urbano. Espacio, Cultura, Sociedad**, Chaco, v. 22, n. 22. jun. 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3692/369251998002.pdf> . Acesso em 17 mar. 2022.
- ASCE (1992). Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems. **American Society of Civil Engineer**. p. 753.
- FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA (Brasil). Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica–período 2008-2010. São Paulo: **Fundação SOS Mata Atlântica**, 2011.
- BICALHO, C.C. **Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na bacia do rio Descoberto**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- BRASIL. **Lei nº 12.187**, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima-PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, 29 dez. 2009.
- _____. **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**, seção 1, Brasília, DF, 10 abril 2012.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Secretaria Nacional de Defesa Civil. Política Nacional de Defesa Civil.** Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007.

_____. Ministério da Integração Nacional. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).** Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 21 dez. 2007

_____. Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios /** Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Takaishi Ogura, organizadores. Brasília, DF: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima – Estratégia Geral/ Ministério do Meio Ambiente.** Brasília, DF: Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, 2016.

_____. Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais– PNGRRDN. 2013.

CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. de. Representações computacionais do espaço: fundamentos epistemológicos da ciência da geoinformação. **Geografia**, v. 28, n. 1, p. 83-96, 2003.

CAMPOS, J.E.G. Meio Físico do Distrito Federal. *In*: Zoneamento Ecológico-Econômico do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.zee-df.com.br/produtos.html>. Acesso em 17 mar. 2022.

CAMPOS, J. E. G.; GONÇALVES, T. D. Diretrizes para o desenvolvimento de recarga artificial de aquíferos no Distrito Federal. **Relatório de Consulta Técnica.** Brasília–DF: Adasa, 2015.

CARDOSO, A. B. G. de C. Defesa Civil de Colatina. 2022. Entrevista concedida a Dayanne Diwlyan Raasch de Oliveira, Colatina, 2021-2022.

CARVALHO N. O. FILIZOLA, N. P., SANTOS P.M.C. dos, LIMA J.E.F.W. 2000. Guia de Avaliação de assoreamento de reservatórios. ANEEL, Brasília, 132p.

CASTRO, L. A. Manual de Planejamento em Defesa Civil-Volume I. Brasília. 1999.

CENAD. (2014) Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional. Brasília: CENAD, 106p CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Alertas de Desastres Naturais Fortaleza: CNMADN, 2019.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (CEMADEN). **Histórico da criação do CEMADEN.** Online em: <http://www2.cemaden.gov.br/historico-da-criacao-do-cemaden/>, acessado em 27 de novembro de 2021.

CHMUTINA, K.; VON MEDING, J.; BOSHER, L. S. Language matters: Dangers of the “natural disaster” misnomer. **Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction** (GAR 2019). 2019.

CHURCH, P. E.; GRANATO, G. E.; OWENS, D. W. (1999). **Basic requirements for collecting, documenting, and reporting precipitation and stormwater-flow measurements**. [S.l: s.n.].

CLIMATE-DATA. Colatina Clima (Brasil). Disponível em: <https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/espírito-santo/colatina/4476/#temperature-graph>. Acesso em: 5 mai. 2022.

COLATINA. **Lei nº 5.273**, de 12 de março de 2007. Institui o Plano Diretor do município de Colatina, estabelece objetivos, instrumentos e diretrizes e dá outras providências para as ações de planejamento no município de Colatina. Diário Oficial Municipal. Colatina, ES: 2007.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Ação Emergencial para Delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Enchentes e Movimentos de Massa. RELATÓRIO TÉCNICO. Colatina, ES: 2012.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. DEFINIÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DE COLATINA-ES. RELATÓRIO TÉCNICO. Minas Gerais, 2016.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações. RELATÓRIO TÉCNICO. Colatina - ES, 2019.

CROCE, R. **Relações entre espaço urbano e cursos d'água: conflitos e interações no Vale do Rio Doce**. 2020. 378 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2020.

CROCE, R. **A ocupação urbana das margens do rio Doce, em Colatina-ES**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo, Belo Horizonte, vol. 27, n. 40, 2021, p. 132-170. DOI: <https://doi.org/10.5752/P.2316-1752.2020v27n40p132>.

CUNHA, A. de M.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F. S. de.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no Geobases para uso de dados em SIG. **Geografares**, Vitória, v. 2, n. 22, p. 32 a 65, jul.-dez. 2016.

CUNHA, F. G. da. **Atlas geoquímico do estado do Espírito Santo**. 2018.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J. S.; AMARAL, R. do. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

DRIESSEN, P. et al. Governance strategies for improving flood resilience in the face of climate change. **Water**, v. 10, n. 11, p. 1595, 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

ESPÍRITO SANTO. **Decreto nº 4488-R**, de 09 de agosto de 2019. Institui o Sistema Estadual de Monitoramento e Alerta de Desastres, denominado Alerta!. **Diário Oficial do Estado do Espírito Santo**: Vitória, ES.

ESRI (Environmental Systems Research Institute); ArcMap; versão 10.0; 2010

FEITOSA, L. R.; STOCKING, M.; RESENDE, M. **Natural resources information systems for rural development: approaches for Espírito Santo State**, Brasil. Vitória, ES: INCAPER, 2001.

GOVERNO DO ESPÍRITO SANTO (2006). “Atlas de Vulnerabilidade às Inundações no Estado do Espírito Santo”. Governo do Espírito Santo, 2013, Vitória/ES, 28 p.

HELLER, L.; PÁDUA, W. L. de. Abastecimento de Água para Consumo Humano. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 859 p.

HOEGH-GULDBERG, O. et al. Impacts of 1.5 C global warming on natural and human systems. **Global warming of 1.5° C.**, 2018.

HOUGH, M. City Form and Natural Processes: Towards an Urban Vernacular. Croom Helm, 1984.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. Colatina/ES, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/colatina/panorama>. Acesso em 12 de abril de 2021.

_____. **Portal IBGE Cidades: Panorama**. c2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/colatina/panorama>. Acesso em: 5 out. 2021.

_____. **Downloads**. Censo 2010, Resultados do Universo. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>. Acesso em: 10 mar. 2022.

_____. **Malha de setores censitários**. 2019?. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoesintramunicipais.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 18 jun. 2022.

_____. **Perfil dos Municípios Brasileiros 2017**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/es/colatina/pesquisa/1/89503?ano=2017>. Acesso em 20 de setembro de 2021.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL - INCAPER. Meteorologia. Colatina/ES, 2021. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-acumulado-mensal-e-anual>. Acesso em: 02 ago. 2022.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Mapeamento geomorfológico do estado do Espírito Santo**. Vitória, ES, 2012.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Sumário executivo: microrregião Centro-Oeste**. Vitória, IJSN, 2022.

JACOBSON, C. R. Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 92, n. 6, p. 1438-1448, 2011.

LANI, J. L. et al. **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. Vitória, ES: Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Viçosa, Núcleo de Estudo de Planejamento e Uso da Terra, 2008.

LEITAO, A. B.; AHERN, J.. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and urban planning**, v. 59, n. 2, p. 65-93, 2002.

LEITE, C., AWAD, J. di C. M. **Cidades sustentáveis, cidades inteligentes**. 1 ed. Porto Alegre – RS: BOOKMAN EDITORA LTDA, 2012.

LONDE, L. de R. ; COUTINHO, M. P. ; DI GREGORIO, L. T. ; SANTOS, L. B. L. ; SORIANO, E. Desastres relacionados à água no Brasil: perspectivas e recomendações. **Ambiente & Sociedade (Online)**, v. 17, p. 133-152, 2014.

LUCCHESI, F. L'evoluzione della rappresentazione georeferenziata dei caratteri territoriali di F. Lucchesi. In: La struttura del paesaggio: Una sperimentazione multidisciplinare per il Piano della Toscana. MARSON, Anna (org.), Toscana: Editori Laterza, 1ª ed., 2016, p.101-111.

MACHADO, Ana Lúcia S.; PACHECO, Jesuete Bezerra. Serviços Ecossistêmicos e o Ciclo Hidrológico da Bacia Hidrográfica Amazônica. *Geonorte*, v. 1, p. 71-89, 2010.

MAEDA, E. E., **Influência das mudanças do uso e cobertura da terra no escoamento superficial e produção de sedimentos na Região da Bacia do Alto Rio Xingu**. São José dos Campos: INPE, 2008. 104p.

MAFFRA, C. Q. T.; MAZZOLA, M.. **As razões dos desastres em território brasileiro**. Vulnerabilidade ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos, p. 10-12, 2007.

MARICATO, E. Informalidade Urbana no Brasil: a lógica da cidade fraturada. *In: A cidade de São Paulo, relações internacionais e gestão pública*. WANDERLEY, L. E.; RAICHELIS, R. (Org). Ed Educ, 2009.

MARSALEK, J. et al. Urban Water Cycle Processes and Interactions. **International Hydrological Programme (IHP)**. Paris, France: [s.n.], 2013.

MOTA, S.. Planejamento Urbano e preservação ambiental. Fortaleza, CE: Edições UFC, 1981.

MOURA, A. C. M. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. 3 ed. - Rio de Janeiro: Interciência., 2014.

OGURA, A, T. Desastres Naturais. Plenária da Conferência Brasileira de Desastres Naturais – CBDNat. São José dos Campos, 22 de março de 2013.

OLIVEIRA, D. D. R. de. Proposta de adequação de praças de Colatina-ES em função de avaliação pós-ocupação. 2017. 130f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) — Arquitetura e Urbanismo, Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2017.

PANGEA, **RELATÓRIO Nº 105/2014**, 1763-R2-14; setembro de 2014, 0, Colatina-ES. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL.

PEREZ, L. P. et al. Mudanças climáticas e desastres: análise das desigualdades regionais no Brasil. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 278-296, 2020.

PUTTICK, S.; BOSHER, L.; CHMUTINA, K.. Disasters are not natural. **Teaching Geography**, v. 43, n. 3, p. 118-120, 2018. <https://www.jstor.org/stable/26538739>. Accessed 4 May 2022.

SANTOS, M. Espaço e método. 3ª ed. São Paulo. Nobel. 1992.

SARTORI, A. **Avaliação da Classificação Hidrológica do Solo para a Determinação do Excesso de Chuva do Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP: 2004.

SARTORI, A.; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, M. A. Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. Revista Brasileira de Recursos Hídricos volume 10 nº 4, 2005.

SERAPHIM, A. P. A. C. C. **Relações entre as áreas de recarga dos aquíferos e áreas destinadas a urbanização: estudo dos padrões de ocupação do solo da unidade hidrográfica do Paranoá-DF**. 2018.

SERAPHIM, A. P. A. C. C.; BEZERRA, M. do C. de L. Identificação de áreas de recarga de aquíferos e suas interfaces com áreas propícias à urbanização. **Paranoá**, n. 23, p. 68-83, 2019.

SERRAO-NEUMANN, S.; RENOULF, M.; KENWAY, S.J.; LOW CHOY, D. (2017) Connecting land-use and water planning: Prospects for an urban water metabolism approach. **Cities**, v. 60, parte A, p. 13-27.

SICAR. Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. 2021. Disponível em: <https://www.car.gov.br/publico/municipios/downloads?sigla=ES>. Acesso em: 20 nov. 2022,

SIMÕES, R. M.. **A construção de um sistema de espaços livres para Colatina-ES**. 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES: 2016

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (Espírito Santo). Governo do Estado do Espírito Santo. Downloads. 2022. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 10 mai. 2021

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (Espírito Santo). Governo do Estado do Espírito Santo. IEMA - Mapeamento ES - 2012-2015. c2021c. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>. Acesso em: 10 mai. 2021.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO (Espírito Santo). Governo do Estado do Espírito Santo. IEMA - ORTOFOTOMOSAICO ES - 2007-2008.2021c. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/img-originais-aerolev-2007-2008>. Acesso em: 10 dez. 2021.

STRAUCH, N. **A Bacia do Rio Doce**. Rio de Janeiro: IBGE. 1955. 199 p.

TANG, Z. et al. Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale. *Journal of Environmental Management*, v. 76, n. 1, p. 35-45, 2005.

TOMINAGA, L. K. Desastres Naturais: por que ocorrem?. Desastres naturais. São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.

TOMINAGA, L. K. Escorregamentos. Desastres naturais. São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. Desastres naturais. São Paulo: Ed. Instituto Geológico, 2009.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. **RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 5, n. 1 (2000), p. 61-68, 2000.

TUCCI, C. E. M. Escoamento Superficial. In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2007. Cap 11, p.391-442.

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

TUCCI, C. E. M.. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. ABRH; RHAMA. 389 pp. (1º edição). 2007

TUCCI, C. E. M. Regulamentação da drenagem urbana no Brasil. **Revista de Gestão de Água da América Latina - REGA**, v.13, n.1, p.29- 42, 2016.

TUCCI, C. E. M. 2010. Urbanização e Recursos Hídricos. pp. 113-128. *In*: BICUDO, C. E. M. et al. (orgs.) *Águas do Brasil. Análises Estratégicas*. Academia Brasileira de Ciências; Secretaria do Meio Ambiente. Estado de São Paulo. 222 pp. 2010

TUCCI, C. E.M., BARROS, M. T., PORTO, R. L. (org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed., Universidade/UFRGS, 1995, 414p.

UNITED NATIONS. International Strategy for Disaster Risk Reduction – UNISDR (2009), UNISDR terminology on disaster risk reduction, UNISDR, Geneva, 2009.

VESSINA, L. M.. Projeto urbano, paisagem e representação: Alternativas para o espaço metropolitano. PROURB-Programa de Pós-Graduação em Urbanismo- Faculdade de Arquitetura e Urbanismo Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2010.






XU, W. et al. An Evaluation of Urban Resilience to Flooding. **Water**, v. 13, n. 15, p. 2022, 2021.

WILKEN, P. S. Engenharia de Drenagem Superficial. São Paulo, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 1978. 478p.

APÊNDICE A

Recorte de desastres vinculados à dinâmica hídrica (Parte 1)

(Continua)

Grupo	Subgrupo	Tipo	Subtipo	Definição	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. Geológico	Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	Blocos	Movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento de tipologia queda livre. Podem ocorrer tombamentos, em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa despreendida. Rolamentos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descaçamento).	1.1.3.1.1	
		2. Deslizamentos	Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1	
		3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1	
			2. Rocha/Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, a rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2	
		4. Subsídências e colapsos	-	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	
	Erosão	Erosão de margem fluvial	-	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.	1.1.4.2.0	

APÊNDICE A

Recorte de desastres vinculados à dinâmica hídrica (Parte 2)

(Conclusão)

2. Hidrológico	Inundações	-	-	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0	
	Enxurradas	-	-	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0	
	Alagamentos	-	-	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0	
3. Meteorológico	Tempestades	Tempestade local/Convectiva	Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.)	1.3.2.1.4	
4. Climatológico	Seca	1. Estiagem	-	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0	
		2. Seca	-	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0	

Fonte: COBRADE (2012).