



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



Fabrcia Maria Machado Tavares

**EVOLUÇÃO DA EXPANSÃO URBANA DE MARIANA - MG
SOBRE TERRENOS SUSCEPTIVEIS A PROCESSOS
GEODINÂMICOS E A FORMAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO**

Ouro Preto

2024

Evolução da expansão urbana de Mariana – MG sobre terrenos susceptíveis a processos geodinâmicos e a formação de áreas de risco.

Fabrcia Maria Machado Tavares

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

Data de Aprovação: 23/02/2024

Áreas de concentração: Ocupação territorial e Meio ambiente

Orientador: Prof. César Falcão Barella – UFOP

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T231e Tavares, Fabricia Maria Machado.

Evolução da expansão urbana de Mariana - MG sobre terrenos susceptíveis a processos geodinâmicos e a formação de áreas de risco. [manuscrito] / Fabricia Maria Machado Tavares. - 2024.

42 f.: il.: gráf., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. César Falcão Barella.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Geodinâmica. 2. Crescimento urbano. 3. Localização geográfica de risco. I. Barella, César Falcão. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 504

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



FOLHA DE APROVAÇÃO

Fabília Maria Machado Tavares

Evolução da expansão urbana de Mariana - MG sobre terrenos susceptíveis a processos geodinâmicos e a formação de áreas de risco

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

Aprovada em 23 de fevereiro de 2024

Membros da banca

Prof. Dr. - Cesar Falcão Barella - Orientador, Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. - Frederico Garcia Sobreira - Universidade Federal de Ouro Preto
Dra. - Liliane Márcia Lucas Sayegh

Cesar Falcão Barella, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/02/2024



Documento assinado eletronicamente por **Cesar Falcao Barella, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/02/2024, às 15:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0673689** e o código CRC **FE9440B7**.

AGRADECIMENTOS

Reconhecer a importância do agradecimento vai além de meras formalidades. Agradecer é mostrar apreço genuíno pela ajuda e apoio recebidos, e também por todas as conquistas, não importando o quão pequenas possam parecer. Ao longo dessa trajetória, muitos foram os apoios recebidos e cada um deles foi fundamental para chegar até aqui.

Gostaria especialmente de expressar minha gratidão à minha mãe, Vilma, e ao meu pai, Joaquim, ambos símbolos de força e persistência. Agradeço pelos princípios e valores ensinados, e principalmente pelo apoio constante, especialmente na jornada de educar e cuidar do Miguel. Sem vocês, nada disso seria possível.

Quero agradecer também ao meu filho, Miguel, pela sua companhia constante e, acima de tudo, pelo estímulo. Muitas vezes, foi o seu amor e presença que me impulsionou na direção certa. Essa conquista também é sua, meu filho.

Agradeço ao professor Cesar Barella por sua orientação, paciência, e dedicação, os quais tiveram um papel fundamental no resultado final deste trabalho e no meu percurso durante o curso de graduação.

Com o coração repleto de gratidão, expresso meu agradecimento a todos os meus amigos(as), em especial a Maria do Pilar e Mônica que foram fontes de apoio e incentivo em momentos desafiadores. Agradeço aos agentes (Webert Stopa, André, Mônica, Adriano, Arlete, Rosana, Sabrina e Kennedy) do Órgão Municipal de Proteção e Defesa Civil de Mariana pelos ensinamentos, apoio e pela acolhida sempre tão calorosa. O trabalho de vocês é honroso e essencial para a cidade.

Por último, mas não menos importante, como a primeira mulher da minha família a conquistar um diploma de graduação, expresso minha gratidão a todas as minhas ancestrais. Com suas forças e vivências, contribuíram para a minha existência e conquista. Esta vitória também é de vocês, pois vivem através de mim.

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar.”

Josué 1:9

RESUMO

Ao longo dos anos, o município de Mariana experimentou um crescimento populacional e urbano rápido e constante, especialmente após a consolidação da indústria extrativa mineral. No entanto, essa expansão não foi devidamente planejada. Diferentes formas de uso e ocupação desempenharam um papel crucial na origem de desafios ambientais, sociais e econômicos. A valorização imobiliária, a ausência de políticas públicas eficazes e de planejamento urbano adequado propiciaram características que indicam uma ocupação não planejada e frequentemente não regulamentada, resultando no notável crescimento da ocupação em áreas altamente suscetíveis a processos geodinâmicos, estimulando a formação de áreas de risco. O presente trabalho focou na avaliação e no cruzamento dos dados obtidos, buscando demonstrar os impactos negativos da expansão urbana no município ao longo dos anos. Os resultados, provenientes da análise temporal da ocupação urbana de 1985 a 2021, proporcionaram uma análise crítica sobre a importância do planejamento territorial na mitigação de problemas urbanos relacionados a desastres naturais no município.

Palavras-chaves: Expansão Urbana. Susceptibilidade. Processos Geodinâmicos. Áreas de Risco. Mariana.

ABSTRACT

Over the years, the municipality of Mariana has experienced rapid and steady population and urban growth, especially after the consolidation of the mineral extractive industry. However, this expansion was not properly planned. Different forms of use and occupation have played a crucial role in giving rise to environmental, social and economic challenges. Real estate appreciation, the absence of effective public policies and adequate urban planning have provided characteristics that indicate an unplanned and often unregulated occupation, resulting in a notable growth in occupation in areas highly susceptible to geodynamic processes, stimulating the formation of risk areas. The present work focused on the evaluation and cross-referencing of the data obtained, seeking to demonstrate the negative impacts of urban expansion in the municipality over the years. The results, from the temporal analysis of urban occupation from 1985 to 2021, provided a critical analysis of the importance of territorial planning in mitigating urban problems related to natural disasters in the municipality.

Keywords: Urban Expansion. Susceptibility. Geodynamic Processes. Risk areas. Mariana.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Litologia histórica de 1846 representando a cidade de Mariana (a) e foto do autor Ferber da Planície aluvial da Ponte Via Pública (Rua Direita) (b).....	4
Figura 2 - Mapa das inundações século XVIII - Mariana/MG.....	5
Figura 3 - Mapa de localização do Município e Bairros de Mariana/MG.....	9
Figura 4 - Fluxograma simplificado da metodologia implementada.....	10
Figura 5 - Mapa da Mancha Urbana - Mariana/MG.....	13
Figura 6 - Ocupação urbana consolidada em 2021 e áreas susceptíveis a escorregamentos e inundações - Mariana/MG.....	16
Figura 7 - Áreas susceptíveis a escorregamentos ocupadas ao longo dos anos.....	17
Figura 8 - Áreas susceptíveis a inundações ocupadas ao longo dos anos.....	19
Figura 9 - Ocupação desordenada bairro Santa Rita - Mariana/MG.....	24
Figura 10 - Mapa da expansão urbana e as áreas de risco a movimentos gravitacionais de massa e inundações mapeadas em 2022.....	21
Figura 11 - Expansão urbana sobre as áreas de risco a movimentos gravitacionais de massa do Plano Municipal de Redução de Risco de 2022.....	22
Figura 12 - Relação em m ² entre áreas susceptíveis (SGB, 2021) e áreas de risco (PMRR, 2022).....	23
Figura 13 - Expansão urbana e as áreas de risco a inundações do Plano Municipal de Redução de Risco de 2022.....	24
Figura 14 - Ocupação desordenada bairros Cabanas, Santa Rita.....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População Marianense (1970 -2020).....	15
Tabela 2 - Ocupação urbana e outros usos (atividades industriais, agropastoris, florestas, etc) sobre terrenos susceptíveis a escorregamentos.....	18
Tabela 3 - Ocupação urbana em terrenos com diferentes graus de susceptibilidade a inundações.....	19
Tabela 4 - Relação em m ² entre áreas susceptíveis (SGB, 2021) e áreas de risco a inundações (PMRR, 2022).....	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 EXPANSÃO URBANA EM MARIANA E SEUS REFLEXOS NO MEIO FISÍCO.....	3
3 ÁREA DE ESTUDO.....	8
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1. ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE MARIANA.....	10
4.2. EXPANSÃO URBANA SOBRE OS TERRENOS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS.....	11
4.3. ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA E DA SUSCEPTIBILIDADE COM A SETORIZAÇÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO.....	11
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
5.1. EXPANSÃO URBANA RECENTE DE MARIANA.....	12
5.2. EXPANSÃO URBANA E SUSCEPTIBILIDADE A PROCESSOS GEODINÂMICOS.....	15
5.3. EXPANSÃO URBANA E A FORMAÇÃO DOS SETORES DE RISCO.....	20
5.4. NOVAS TENDÊNCIAS DE OCUPAÇÃO URBANA EM MARIANA-MG.....	25
6 CONCLUSÃO.....	27
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade na qual toda a problemática relacionada a urbanização é conhecida, porém, muitas vezes, negligenciada. A dimensão das consequências da informalidade do processo de geração de uma cidade, proveniente da expansão urbana, que mantém uma grande parcela da população na invisibilidade, ocasiona uma imensa desigualdade social, com segregação territorial, econômica e racial (Maricato, 2003). As políticas públicas não atendem grande parte das comunidades, gerando uma exclusão urbana que move grande parte da população em direção a áreas ambientalmente frágeis e socialmente complexas, promovendo a desigualdade social no território urbano. A desigualdade social envolve a exclusão social, a segregação territorial, a baixa qualidade de vida, a informalidade e a ilegalidade (Silveira, 2012).

A expansão urbana desencadeou dentro das cidades o agravamento dos problemas ambientais e a ampliação da ocupação em áreas susceptíveis a processos geodinâmicos. Tais fatores, associados a falta de políticas públicas, tem fomentado a ocorrência de diversos desastres, ditos rotineiramente como naturais, sendo mais recentemente chamados de socionaturais (Monteiro & Zanella, 2019). Destacam-se, no contexto nacional, os processos atrelados a movimentos gravitacionais de massa, inundações, alagamentos e enxurradas (Martins, 2012).

Conforme mencionado por Marcelino (2008), as inundações se destacam como o desastre natural mais prevalente no Brasil, sendo responsáveis por 59% dos registros. Os escorregamentos ocupam a segunda posição, com uma participação de 14% nas ocorrências. Mais de 80% dos desastres no país estão associados a inundações, vendavais, granizos e escorregamentos. Com exceção das inundações graduais, que geralmente causam perdas materiais, escorregamentos são fenômenos repentinos e intensos, resultando em considerável perda de vidas e destruição (CEPED - UFSC, 2013).

De acordo com Barella (2016), a susceptibilidade abrange a probabilidade ou possibilidade espacial da manifestação de um fenômeno natural, sem considerar

necessariamente suas implicações. Por outro lado, o risco está associado à capacidade desse fenômeno em causar danos e perdas ao ser humano e às suas propriedades (Varnes et al., 1984; Cerri & Amaral, 1998). A vulnerabilidade, por sua vez, compreende tanto as características quanto o nível de exposição da população a um risco específico em um local determinado (Cutter, 1996). Em resumo, enquanto a susceptibilidade se refere à probabilidade espacial de ocorrência de um processo, o risco incorpora a dimensão dos danos potenciais associados ao fenômeno, bem como sua frequência temporal para além da espacial (Aleotti & Chowdhury, 1999). Por outro lado, a vulnerabilidade surge quando ocorre uma interação de fatores naturais e sociais que fomentam a susceptibilidade aos riscos (Girão *et al.*, REGNE, 2018).

Costa e Ferreira (2010) salientam que a compreensão do território e do risco deve ser construída a partir da interligação entre conhecimento, poder, dominação, representação e valorização, um processo que se fortalece durante o crescimento urbano das cidades. Os impactos recaem sobre o ambiente e os indivíduos, afetando de maneira mais severa aqueles pertencentes à classe social mais vulnerável, muitas vezes negligenciada pelas autoridades, que residem em regiões de risco, sem preparo e com limitada capacidade de recuperação (Cepal, 2003). Além disso, geralmente, tais áreas englobam as planícies aluviais de rios e córregos, suscetíveis a alagamentos e enxurradas, locais impactados por atividades industriais anteriores ou encostas propensas a movimentos gravitacionais de massa.

Arana e Frois (2016) reforçam o quanto a falta de planejamento da expansão urbana leva à ocupação de áreas de vulnerabilidade ambiental. Assim, se faz necessária a atuação tanto do planejamento, quanto da gestão urbana, a fim de evitar e/ou minimizar os impactos e recuperar-se de danos causados. Nesse contexto, a urbanização sustentável, em todas as suas possíveis e imaginárias dimensões, torna-se um dos maiores desafios encontrados na atualidade (Canepa, 2007).

Apesar da atual existência de instrumentos técnicos, legalmente aplicáveis, com destaque ao mapeamento de risco, aos planos municipais de redução de risco, às cartas geotécnicas de susceptibilidade e de aptidão à urbanização, bem como o próprio plano diretor municipal, o poder público atua de maneira insignificante com

relação às medidas preventivas diante da acelerada dinâmica de formação de áreas de risco (Santos *et al.*, 2020). Embora a Lei 12.608/2012 defina normas para proteção civil em todo o país (Brasil, 2012), incentivando medidas preventivas e planos para redução de riscos, existe no país, conforme já apontado por Maricato (2001), uma cultura de ações reativas no trato das áreas de risco, com atuações focadas somente em resgate e reconstrução no pós-desastre.

Considerando o contexto apresentado, este estudo avaliou a evolução urbana de Mariana/MG de 1985 a 2021 sobre terrenos susceptíveis a processos geodinâmicos (inundação e movimentos gravitacionais de massa). Além disso, buscou-se avaliar o efeito de tal processo na formação das atuais áreas de risco, confrontando com a data de implementação dos instrumentos de planejamento territorial do município.

2. EXPANSÃO URBANA DE MARIANA E SEUS REFLEXOS NO MEIO FÍSICO

Conforme mencionado por Veloso (2012), Ribeirão do Carmo, foi a primeira capital de Minas Gerais, surgindo da união de dois núcleos menores, Mata Cavalos e Arraial de Cima. Em 1711, a elevação à categoria de Vila resultou no crescimento impulsionado pela exploração aurífera, que ocorria preferencialmente nas ribanceiras e morros. Em 1745, Dom João V decidiu designar a localidade como sede do bispado mineiro, promovendo-a à categoria de cidade e alterando seu nome para Mariana, em homenagem à rainha (Fonseca, 1995). Destaca-se que Mariana foi pioneira ao se tornar a primeira cidade de Minas Gerais, um título singular para uma época e região predominantemente caracterizadas pelas vilas.

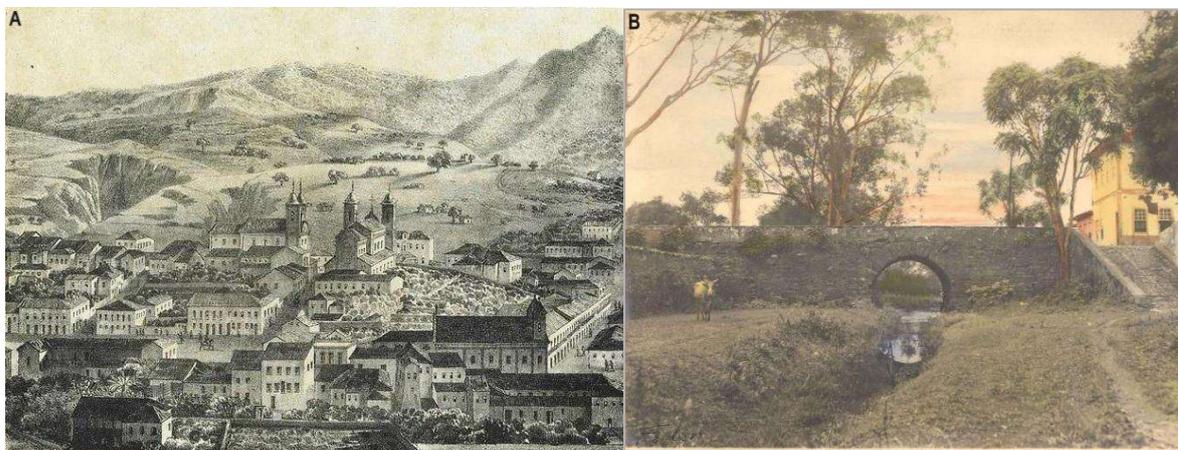
Veloso (2012) menciona que o Arraial do Ribeirão do Carmo já estava habitado desde os últimos anos do século XVII, e a vila foi moldada ao longo do seu leito. Conforme observado por Damasceno (1995), o emprego de técnicas rudimentares na mineração, especialmente ao migrar da margem dos rios para as colinas, resultou em diversos problemas relacionados à exploração predatória do solo. Em uma análise conduzida por Tedeschi (2008) sobre os recursos hídricos na Vila do

Carmo, município de Mariana, destaca-se a atenção dos membros da câmara para os possíveis "excessos" do ribeirão.

“No ano de mil setecentos e trinta e sete experimentaram os moradores da principal Rua dessa vila com a inundação do Rio, chamado Ribeirão do Carmo, ocasionando da ruína de um cerco, que a defendia dessas enchentes fazendo se lhe despendarem doze mil cruzados para o seu reparo, ameaçando novamente mesma ruína com maior dificuldade para se poder evitar, pois se achava o Rio mais [altiado] do que a mesma Vila.”

Desde o início de sua formação, os terrenos já possuíam características evidentes da ocorrência de processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa (Figura 1a), bem como áreas naturalmente propensas a inundação (Figura 1b), conforme ilustrado pela litografia de 1846, executada por Frederico Guilherme Briggs e Peter Ludwig e a foto do autor João de Almeida Ferber em 1930.

Figura 1 - Litografia histórica de 1846 representando a cidade de Mariana (a) e foto do autor Ferber da planície aluvial da Ponte Via Pública (Rua Direita) (b).



Fonte: Conselho Municipal do Patrim nio Cultural COMPAT e CIA APM.

As mudanç as expressivas na morfologia urbana da Vila do Carmo durante o século XVIII foram principalmente resultado dos esforç os para conter os danos causados pelo Ribeirão do Carmo, conforme citado por Veloso (2012). Por meio da Figura 2,   possível visualizar o mapa da cidade de Mariana, onde as barragens construídas pelos mineradores e o conseqüente assoreamento do rio ocasionaram inundações no ribeirão do Carmo. Esses acontecimentos culminaram na destruição da principal via da localidade e suas residências, que seguia paralela ao curso d' gua. A  rea

mais clara no desenho ilustra a expansão urbana, desenvolvida a partir de 1745 e localizada nos arredores da catedral e do Ribeirão do Carmo.

Figura 2 - Mapa das inundações século XVIII - Mariana/MG.



Fonte: Biblioteca de Mapas do Itamaraty.

Conforme registrado por Damasceno (1995), ao ser informado sobre a condição deplorável da povoação, o rei decidiu pela construção de uma "nova cidade". Ele instruiu Gomes Freire de Andrade a elaborar a planta e arruamentos das ruas que devem ser construídas em local livre das inundações do rio Ribeirão do Camo. Mais tarde, por volta de 1798, a finalização da edificação da Casa de Câmara, Audiência e Cadeia ocorreu na praça da igreja Matriz, motivada pelas enchentes recorrentes do Rio Ribeirão do Carmo e pela insuficiência de espaço para as reformas imprescindíveis (Gonçalves; Souza, 2012).

O declínio da extração aurífera ocorreu no final do século XVIII, sendo substituído por atividades econômicas menos significativas, como agricultura, manufatura e pecuária. A introdução da Estrada de Ferro Central do Brasil em 1914, conectando a cidade a Ouro Preto, e a implementação da eletricidade em 1918 tiveram impactos

na economia local, resultando em algum crescimento no centro urbano, que foi impulsionado na década de 1970 e 1980 em virtude do início das atividades das empresas mineradoras na região (Cymbalista e Cardoso, 2006). Segundo Fonseca (1995), esse crescimento foi resultado de deslocamentos expressivos de pessoas provenientes de outros municípios, englobando funcionários de empresas e seus familiares.

Nesse período, foi evidenciado o surgimento de diversos bairros periféricos, tais como o bairro Santo Antônio (Prainha), São Sebastião entre outros, erguidos nas proximidades do município. além da ocupação de áreas ribeirinhas ao Ribeirão do Carmo e de encostas que apresentavam predisposição geotécnica a processos geodinâmicos, resultando em uma ocupação do espaço de maneira "desordenada", influenciada por políticas clientelistas amplamente praticadas na região, por meio da doação de terrenos (Souza Junior, 2000 *apud* Maia, 2017).

Souza (2004) ressalta que Mariana não só enfrenta diversas ocorrências de escorregamentos em encostas, mas também está sujeita a processos de inundação devido ao transbordamento do Ribeirão do Carmo e seus afluentes na área urbana. As inundações do Ribeirão do Carmo são documentadas desde os primeiros anos da fundação do município, desempenhando um papel significativo nas alterações da morfologia da área central e permanecendo como fonte de inquietação urbana (Souza, 2005). Além disso, o autor(a) menciona que o fenômeno geodinâmico mais comum no município é o deslizamento (escorregamento) de solo, frequentemente associado a taludes íngremes de corte.

Vale ressaltar que, apesar do rápido crescimento populacional e do histórico processo de ocupação urbana desordenada, caracterizado pela falta de planejamento na construção em áreas propensas a eventos geo-hidrológicos, sem a aplicação de técnicas construtivas apropriadas, muitas vezes associadas a um baixo padrão construtivo, o município promulgou seu primeiro Plano Diretor, denominado Urbanístico e Ambiental, somente em 2004 por meio da Lei Complementar 16/2003 (Mariana, 2003). Antes do desenvolvimento desse plano não existiam regulamentações municipais, como leis ou decretos, para orientar o uso e a regulação do solo. Até então, o parcelamento era "regulado" pela Lei Federal 6.766/1979, conhecida como Lei do Parcelamento do Solo Urbano (Brasil, 1979).

Entretanto, de acordo com Araújo (2018), a análise do Plano Diretor de 2004 destaca disparidades nas características sociais, econômicas e ambientais de Mariana, especialmente em relação à oferta de infraestrutura, evidenciando diferenças entre o centro da Sede e a periferia. Além disso, a maioria dos instrumentos e dispositivos urbanísticos estipulados pelo Plano não foram adequadamente implementados. O autor(a) também destaca que ao longo dos anos, o município enfrentou uma considerável instabilidade política, resultando na falta de continuidade administrativa. Isso acarretou impactos negativos para as questões urbanas, como a falta de revisão do Plano Diretor no prazo de 10 anos, conforme estabelecido na Lei nº 10.257/2001 (Estatuto das Cidades), e a ocupação de loteamentos ilegais. Todavia, após 18 anos, em 2022, o Plano Diretor do município foi revisado e republicado.

Nesse cenário, a ocupação inadequada do município, decorrente do crescimento populacional urbano, associada à ausência da correta implementação de políticas públicas de planejamento urbano e à intervenção limitada do poder público, resultou na expansão urbana sobre terrenos propensos a processos geodinâmicos, contribuindo para a geração de áreas de risco no Município. Além disso, Mariana enfrentou o maior desastre ambiental do Brasil de origem tecnológica, resultado do rompimento da barragem de Fundão, que impactou o meio ambiente e gerou diversas outras consequências sociais, ambientais e econômicas. Esse fato resultou em um significativo deslocamento da população rural afetada para a Sede, devido aos efeitos do desastre nos vários distritos afetados. Adicionalmente, desencadeou uma intensa valorização imobiliária no município, resultando em uma busca significativa, por parte da população, por áreas de menor valor monetário (Silva, 2019). Também houve um aumento no adensamento populacional devido às obras de reparação dos danos causados pelo rompimento. Mariana tornou-se uma cidade-dormitório para as empresas envolvidas nesse processo, o que também vem gerado um aumento significativo na procura e valorização imobiliária da região.

Diante do contexto da expansão urbana e territorial do município de Mariana, ressalta-se a motivação que deu origem a este trabalho. A partir da percepção da

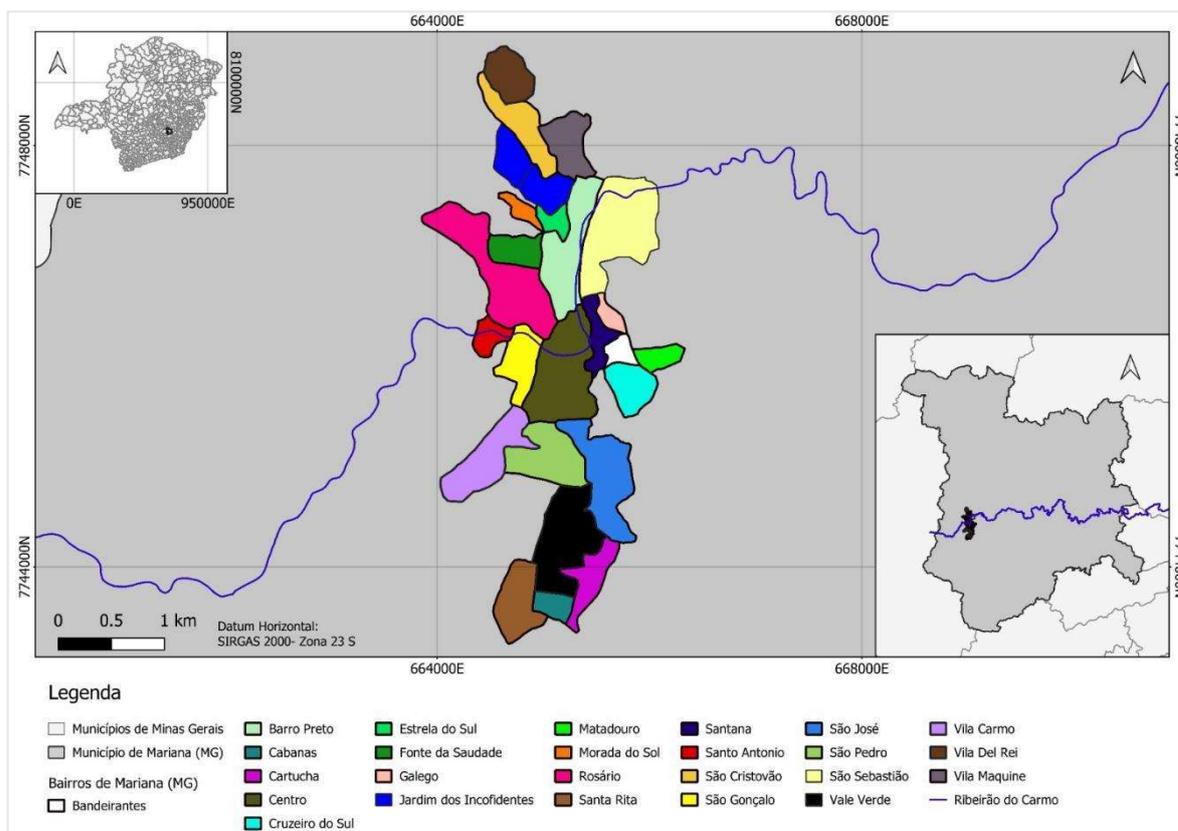
amplitude das desigualdades sociais e econômicas existentes, especialmente nos impactos ambientais gerados, reconhece-se a intrínseca ligação entre as dimensões sociais e ambientais. Fica evidente que as ações e atividades humanas exercem influência tanto nas comunidades quanto no meio ambiente. A partir desse cenário, despertou-se o interesse em aprofundar a análise das problemáticas associadas às áreas de risco decorrentes da ocupação desordenada, explorando seus diversos fatores inter-relacionados. O propósito é investigar e compreender os elementos relacionados à evolução urbana em terrenos propensos a processos geodinâmicos e a formação de áreas de risco.

3. ÁREA DE ESTUDO

Mariana é um município localizado na região central de Minas Gerais, geograficamente situado entre os meridianos 43°05'00" e 43°30'00" e os paralelos 20°08'00" e 20°35'00". A extensão territorial do município é vasta, caracterizada por um relevo acidentado e, por vezes, de elevada altitude, incluindo a presença de planaltos. Em termos hidrográficos, está situado na Bacia Hidrográfica do Rio Doce e os cursos d'água predominantes são Gualaxo do Sul, Gualaxo do Norte e Ribeirão do Carmo. Destaca-se que o leito do Ribeirão do Carmo perpassa a área urbana de Mariana, além dos distritos de Bandeirantes e Monsenhor Horta.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022), o Município possui uma área de 1.194,208 km² e abrange, além do Distrito Sede, 10 (dez) distritos: Bandeirantes (Ribeirão do Carmo), Cachoeira do Brumado, Camargos, Cláudio Manuel, Furquim, Monsenhor Horta, Padre Viegas (Sumidouro), Passagem de Mariana, Santa Rita Durão e Águas Claras. A Figura 3 apresenta, o mapa de localização do município, destacando os bairros do distrito sede e seus respectivos limites, juntamente com os municípios vizinhos.

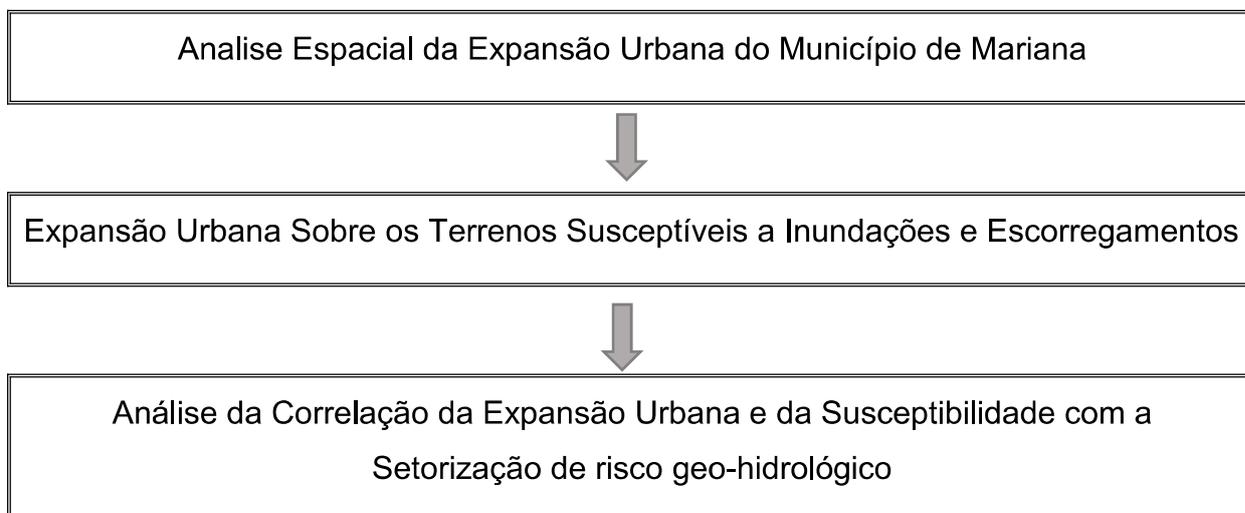
Figura 3 - Mapeamento da localização do município e dos bairros de Mariana/MG.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A concepção metodológica deste estudo foi desenvolvida com o objetivo de avaliar a expansão urbana do Município de Mariana e correlacionar as áreas ocupadas desde 1985 com os terrenos susceptíveis a processos geo-hidrológicos, bem como com os setores de risco mapeados em 2021. Na figura 4, apresenta-se o fluxograma simplificado da metodologia implementada, dividido em três etapas que serão detalhadas posteriormente.

Figura 4 - Fluxograma simplificado da metodologia implementada.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

4.1 ANÁLISE ESPACIAL DA EXPANSÃO URBANA DO MUNICÍPIO DE MARIANA

Inicialmente, os dados referentes ao uso e ocupação do solo do Município de Mariana foram adquiridos por meio do *download* da base de dados matriciais da coleção 7.0 do MAPBIOMAS, com periodicidade de 1985 a 2021. As imagens apresentam resolução espacial de 30m e são derivadas da classificação pixel a pixel dos satélites LANDSAT (5, 7 e 8). O resultado apresenta uma acurácia de 85,2% e é compatível com a escala 1:100.000 (MAPBIOMAS, 2023).

Os dados matriciais foram organizados e estruturados em camadas funcionais dentro da plataforma de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo que o programa utilizado para a construção do banco de dados e para os processamentos subsequentes foi o *software* QGIS versão 2.7. As camadas foram convertidas para o *Datum SIRGAS* 2000 e recortadas pela camada vetorial que delimita a área de estudo.

Posteriormente, os dados matriciais de uso e ocupação do solo foram novamente classificados, obtendo assim camadas binárias para cada ano analisado, representando a área ocupada por outras atividades (silvicultura, mineração, agropecuária, cobertura florestal, etc.) e a área urbana, isto é, código "0" e código "1", respectivamente. A partir da álgebra de mapas, foi desenvolvido um modelo de expansão urbana do município de Mariana a partir da integração das imagens binárias dos 37 diferentes anos analisados.

Para efeito de análise, em alguns momentos esses dados foram agrupados seguindo uma periodicidade de cinco anos, isto é, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015, 2020, além do ano de 2021, que também foi empregado por ser o dado mais atual da coleção 7.0. Ainda, O dado vetorial do limite dos bairros da sede do município, cedido pela Prefeitura de Mariana, bem como dados demográficos do IBGE (IBGE, 2022), foram cruzados, analisados e debatidos.

4.2 EXPANSÃO URBANA SOBRE OS TERRENOS SUSCEPTÍVEIS A INUNDAÇÕES E ESCORREGAMENTOS

Com o propósito de analisar ao longo dos anos a expansão urbana em áreas propensas a inundações e escorregamentos, a carta de susceptibilidade produzida na escala 1:25.000 pelo Serviço Geológico do Brasil (Menezes; Simões, 2021) foi empregada. Essa carta é derivada da combinação de técnicas estatísticas e heurísticas e busca prever macro-espacialmente regiões mais propensas a ocorrência de processos geodinâmicos, sendo indicada para evidenciar possíveis restrições impostas pelo meio físico à ocupação urbana.

Nesse contexto, dentro da plataforma SIG, os dados gerados na etapa anterior relativos à expansão urbana de Mariana (1985 - 2021) foram integrados às informações de susceptibilidade a inundações e escorregamentos. A partir do cruzamento espacial realizado, foram calculadas as áreas ocupadas ao longo dos anos em terrenos de baixa, média e alta susceptibilidade a inundações e a escorregamentos. Esses dois processos foram eleitos para a análise por serem os processos mais rotineiramente encontrados no município de Mariana, e que encontram correspondência nas setorizações de risco existentes.

4.3 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA E DA SUSCEPTIBILIDADE COM A SETORIZAÇÃO DE RISCO GEO-HIDROLÓGICO

Nessa etapa do trabalho, as informações de susceptibilidade e expansão urbana foram cruzadas espacialmente com as setorização de risco disponível para o município de Mariana com o objetivo de retratar, apesar das distintas escalas de mapeamento, as possíveis tendências associadas aos sistemas antrópicos e naturais na formação das áreas de risco.

As informações dos setores de risco geo-hidrológicos foram obtidas no formato KMZ produzidos em 2022 no âmbito do Plano Municipal de Redução de Risco - PMRR (Souza *et al.*, 2022). Essa base de dados é mais atualizada e detalhada (Escala > 1:2.000), contemplando diversos processos geológicos e hidrológicos classificados como R2, R3 ou R4, isto é, risco médio, alto ou muito alto.

De posse desses dados, eles foram organizados dentro da plataforma SIG e convertidos ao formato matricial, sendo adotada a resolução espacial de 30 m originária das imagens do LANDSAT empregadas na análise da expansão urbana. Nesse contexto, setores de risco inferiores a 900m² foram desconsiderados na análise. A partir dos cruzamentos subsequentes com o modelo de expansão urbana e susceptibilidade foi possível saber quando os setores de risco foram ocupados e se eram terrenos de elevada susceptibilidade, ao mesmo tempo em que esse dados foram confrontados com a data de implementação de instrumentos municipais de gestão territorial. Por fim, para dar apoio as análises executadas, séries temporais de imagens recentes obtidas por aerolevanteamento com drones foram utilizadas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

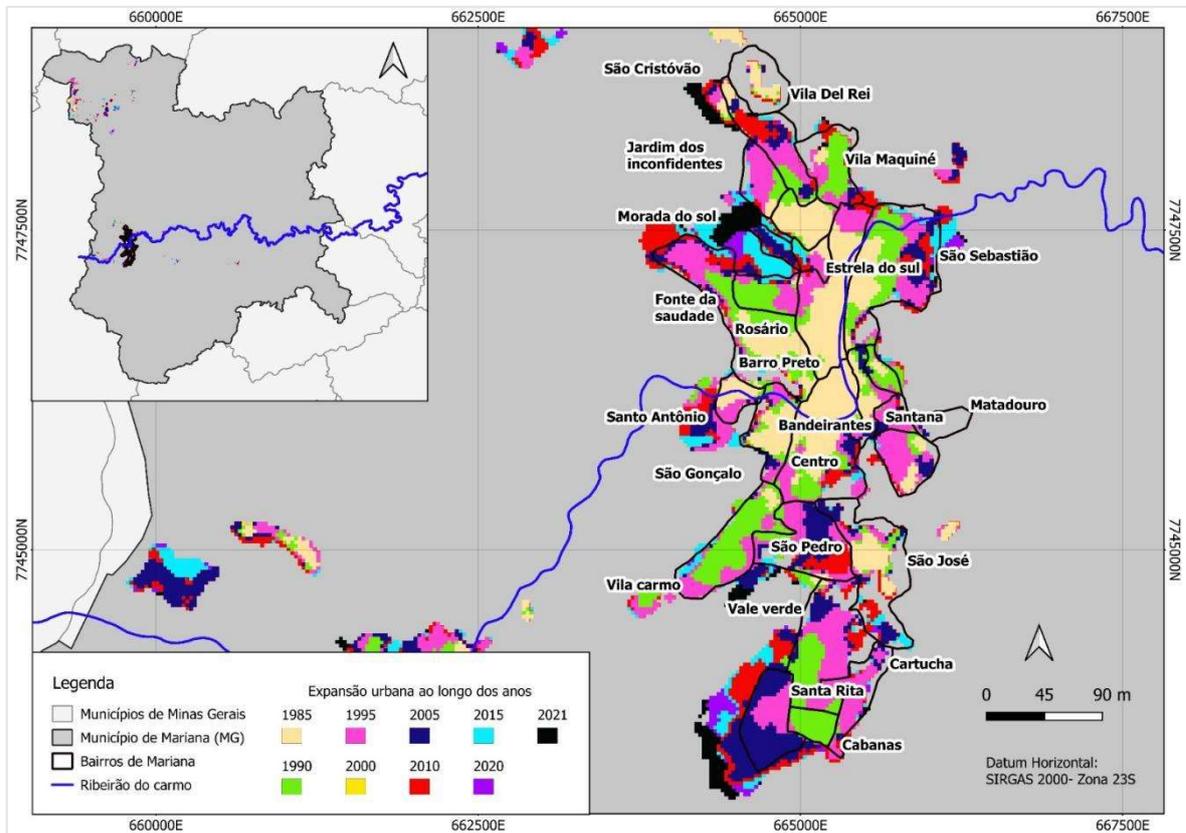
A apresentação dos resultados e discussão foi dividida em quatro partes. A primeira aborda a expansão urbana recente de Mariana, no período de 1985 a 2021, buscando evidenciar espacialmente a distribuição das áreas urbanizadas. O segundo tópico trata da comparação entre a expansão e a susceptibilidade a processos geodinâmicos. O terceiro tópico busca abordar a expansão urbana em relação à formação dos setores de risco. Por fim, o último tópico explora as novas tendências de ocupação urbana no município.

5.1 EXPANSÃO URBANA RECENTE DE MARIANA

Através da Figura 5, é perceptível que a expansão urbana de Mariana segue um padrão convencional de avanço, relacionado ao uso e ocupação do solo. Inicia-se no Centro e nas áreas mais baixas do município, estendendo-se posteriormente para as bordas. Observa-se também um movimento expressivo da expansão urbana em bairros de maior vulnerabilidade social, como, por exemplo, os bairros Cabanas, Santa Rita e Santo Antônio (Prainha), enquanto bairros como Vila Del Rei e Vila Maquiné, com características de moradores com maior poder econômico, sofrem

poucas alterações de ocupação populacional ao longo dos anos. Ainda, fora do escopo urbano, o crescimento não ocorreu de forma significativa.

Figura 5 - Mapa da Mancha Urbana - Mariana/MG.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Na década de 1980, com a implantação de empresas destinadas à extração de minério de ferro (Samarco, Samitri, Companhia Vale do Rio Doce), o município com 29.401 habitantes começou a acomodar os trabalhadores das mineradoras e suas famílias, resultando na formação de áreas como São Sebastião, Jardim dos Inconfidentes, Vila Maquiné, Santo Antônio (Prainha), entre outros.

O processo de urbanização em Passagem de Mariana, um dos distritos mais próximos da sede, teve início por volta de 1985 e tem avançado de forma concomitante com o desenvolvimento da sede ao longo dos anos. É notável que, por volta de 1995, começou o desenvolvimento dos bairros Morada do Sol, Cartucha e Santa Rita.

A partir dos anos 2000, o Bairro Santa Rita destaca-se como a localidade com o maior crescimento urbano. Vale ressaltar que tanto o Bairro Santo Antônio (Prainha) quanto Santa Rita eram, e ainda são reconhecidos, como áreas com os mais baixos índices sociais da região, indicando que são os bairros mais carentes e socialmente vulneráveis.

Além disso, os bairros Santa Rita, Vale Verde, Cabanas, Santo Antônio e Morada do Sol são exemplos de localidades que, ao longo dos anos, devido à falta de controle na expansão urbana do município, experimentaram uma ocupação rápida. A ocupação de todos os bairros mencionados se dá de maneira espontânea e informal por parte da população de baixa renda. Além disso, um fenômeno semelhante de expansão é observado nas proximidades dos parcelamentos e conjuntos de interesse social nos bairros Cartucha e São Gonçalo.

Cymbalista e Cardoso (2006) destacam que o Município de Mariana tem apresentado, desde a década de 1980, taxas de crescimento superiores à média do Estado de Minas Gerais. No ano de 1980 a população de Mariana era de 29.404 habitantes, 30 anos depois, no ano de 2010 a população era de 54.219 habitantes, representando um crescimento de 84,39%. No ano de 2022 a população chegou a 61.387 habitantes (IBGE, 2022), representando um crescimento de 108,77% comparado ao ano de 1980.

Com base nas informações do censo demográfico (2022), coletadas até 25 de dezembro de 2022 e apresentadas na Tabela 1, observa-se que o crescimento populacional na área urbana de Mariana aumentou expressivamente desde a década de 1980, enquanto, ao mesmo tempo, houve uma diminuição na população rural, tendência essa registrada atualmente em quase a totalidade dos municípios brasileiros. Ainda, analisando a Tabela 1, é relevante salientar que a variação na evasão populacional rural (5,87%) no ano de 1980 ocorreu de maneira discreta em comparação com o incremento populacional urbano (36,62%), evidenciando, possivelmente, a atração populacional de outros municípios.

O ano de 1991 se destaca, registrando a maior taxa de crescimento populacional do município, atingindo 29,85% em comparação com os demais anos analisados, já a população rural no mesmo período experimentou uma redução de 15,68%.

Tabela 1 - População Marianense (1970 – 2022)

Ano	População (hab.)	Crescimento Populacional (%)	População Urbana	População Rural
1970	24.786	-	14.287	10.499
1980	29.401	18,61%	19.519	9.882
1991	38.180	29,85%	29.848	8.332
2000	46.710	22,34%	38.679	8.031
2010	54.219	16,07%	47.642	6.577
2022	61.387	18,75%	-	-

Fonte: IBGE – Censo Demográfico, adaptado pela Autora (2024).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1, é possível observar que, em 1970, o município contava com aproximadamente 14.287 habitantes na área urbana e 10.499 habitantes na área rural, correspondendo a aproximadamente 57,64% da população na área urbana e 42,36% na área rural. Já em 2010, essas percentagens atingiram cerca de 87,86% (47.642) na área urbana e 12,14% (6.577) na área rural. Lamentavelmente, as informações do Censo 2022 sobre a população urbana e rural do município não foram disponibilizadas, impossibilitando uma comparação mais recente.

Em relação ao decréscimo populacional rural, verifica-se que, em 1991, a área rural experimentou uma redução de 15,68%, enquanto o ano de 2010 apresenta uma evasão de aproximadamente 18,10% (maior evasão registrada).

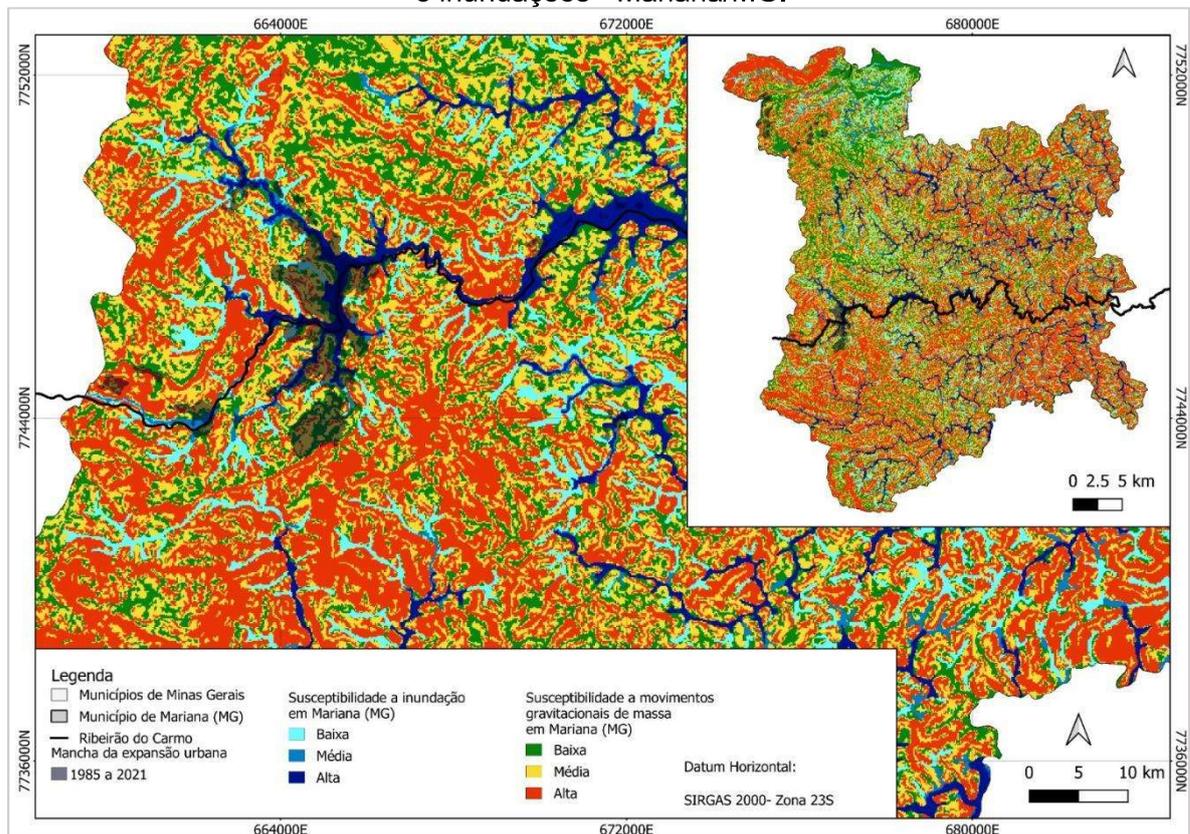
5.2 EXPANSÃO URBANA E SUSCEPTIBILIDADE A PROCESSOS GEODINÂMICOS

Mariana possui um histórico de eventos e incidentes específicos, como deslizamentos de encostas e inundações, o que a caracteriza como uma região

com terrenos susceptíveis a processos geo-hidrológicos. Aliado a isso, quando essas áreas são ocupadas, principalmente de forma desordenada, sem a adequada infraestrutura urbana, o fator antrópico, sempre, contribuí para formação de áreas de risco.

Quando observamos a ocupação urbana em áreas susceptíveis a inundação e escorregamentos (Figura 6), é possível observar a presença significativa de áreas propensas a esses processos ao longo do território urbano da sede do município. Isso evidencia que a construção e evolução do tecido urbano do distrito sede de Mariana foi consolidada sobre terrenos frágeis do ponto de vista geotécnico e ambiental.

Figura 6 - Ocupação urbana consolidada em 2021 e áreas susceptíveis a escorregamentos e inundações - Mariana/MG.

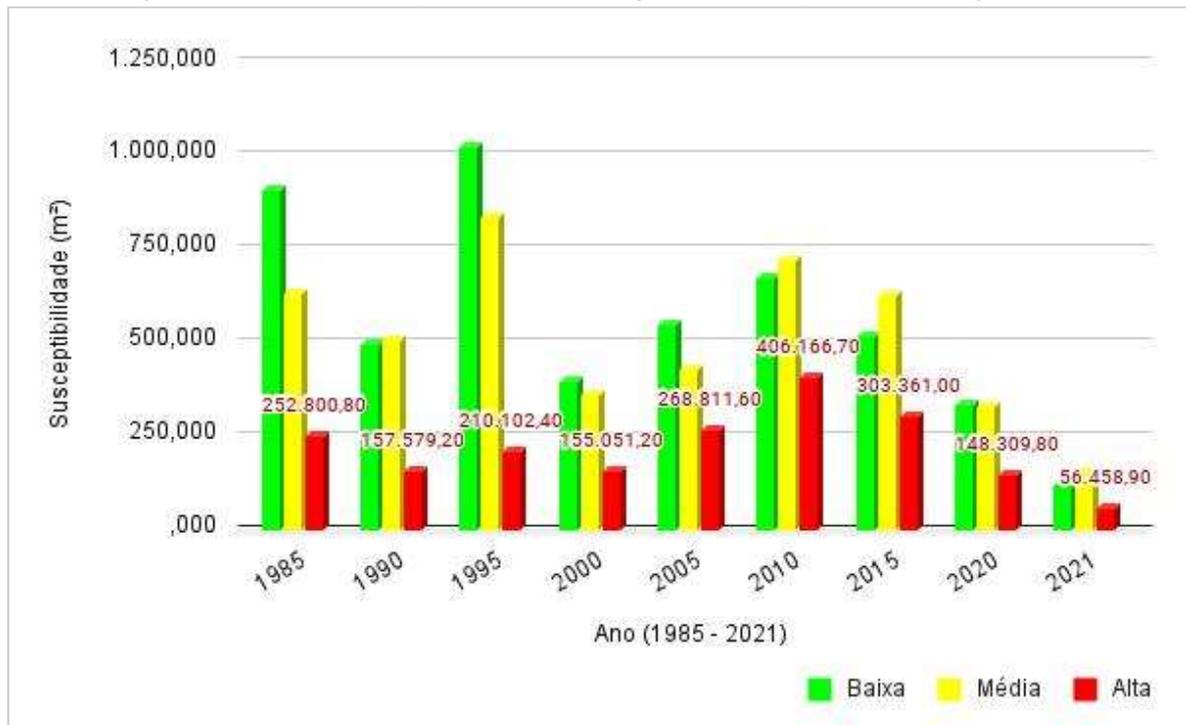


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na Figura 7 observa-se que, ao longo dos anos, ocorreu uma variação da expansão urbana em áreas de baixa, média e alta susceptibilidade a escorregamentos. Todavia, verifica-se que as áreas com baixa e média susceptibilidade apresentaram maior ocupação durante todo o período analisado. Os dados ainda sugerem que, mesmo após a implementação do primeiro plano diretor em 2004, as taxas de expansão em regiões de alta suscetibilidade foram elevadas

(1.183.108 m²) em comparação com os anos anteriores (775.533,6 m²), ou seja, isto significa que 1.183.108 m² da expansão ocorreu em áreas de alta susceptibilidade. Nesse contexto, os anos de 2005, 2010 e 2015 registraram uma expansão urbana significativa em áreas propensas (alta susceptibilidade) a escorregamentos (268.811,60 m², 406.166,70 m² e 303.361,00 m², respectivamente).

Figura 7 - Áreas susceptíveis a escorregamento ocupadas ao longo dos anos.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Nota-se que nas regiões com alta susceptibilidade a escorregamento, nos anos de 1985 a 2005, a taxa de ocupação aumentou progressivamente atingindo um pico de 406.166,70 m² em 2010, considerando apenas a análise de alta susceptibilidade a escorregamentos no município nesse ano específico.

Por meio da Tabela 2 observa-se que aproximadamente 205,9 hectares (14,2%) das áreas de alta susceptibilidade a escorregamentos em ambiente urbano foram gradualmente ocupadas ao longo dos anos analisados. De maneira geral, é verificado uma ocupação relevante em áreas de baixa susceptibilidade, correspondendo a cerca de 34,7% o que equivale a aproximadamente 502,4 hectares. Isso evidencia, em termos gerais, uma maior concentração populacional

em terrenos mais aptos a urbanização e uma menor concentração, porém expressiva, em áreas que podem ser problemáticas do ponto de vista geotécnico.

Tabela 2 – Ocupação urbana e outros usos do solo (atividades industriais, agropastoris, florestas, etc.) sobre terrenos susceptíveis a escorregamentos.

	Baixa (ha)	Média (ha)	Alta (ha)
Ocupação Urbana	502,4	458,8	205,9
Outras Usos do Solo	23.116,9	34.567,6	42.209,4

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Os levantamentos realizados indicam ainda que nos anos avaliados (1985 a 2021), aproximadamente 1.177.580 m² do município estavam disponíveis para outras atividades, como silvicultura, cobertura florestal, uso agropecuário, mineração, áreas de proteção ambiental, domínio das barragens, dentre outras. Vale ressaltar que atualmente o município não dispõe, comparativamente, de grandes extensões de terra em áreas de baixa susceptibilidade, aproximadamente 23.116,9 hectares (19,6%), reforçando a necessidade de instrumentos de gestão territorial apoiados na compreensão do meio físico.

A Figura 8 apresenta uma análise da expansão urbana sobre terrenos susceptíveis a inundação. Ele evidencia de maneira clara que em todos os anos, as áreas de alta susceptibilidade à inundação foram aquelas que registraram os maiores índices de ocupação urbana no município, quando comparadas com as áreas de baixa e média susceptibilidade. Adicionalmente, vale destacar que a partir de 2015, observou-se um aumento progressivo na ocupação de regiões de inundação ribeirinha. Novamente, nota-se um movimento expressivo de ocupação nessas regiões mesmo após a implementação do primeiro plano diretor urbanístico e ambiental em 2004.

Figura 8 - Áreas susceptíveis a inundações ocupadas ao longo dos anos.

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Com base nos dados apresentados na Tabela 3, observa-se um aumento na ocupação à medida que aumenta o grau de probabilidade. Destaca-se, especialmente, o crescimento das áreas de alta susceptibilidade a inundações, representando 67,9%, ou seja, cerca de 191,6 hectares. Isso significa que essas áreas possuem uma probabilidade mais alta de serem ocupadas pelas águas dos rios/corrégos durante períodos chuvosos.

Tabela 3 – Ocupação urbana em terrenos com diferentes graus de susceptibilidades a inundações.

Susceptibilidade	% Crescimento (1985-2021)	Crescimento (ha)
Baixa	14,9%	42 (ha)
Média	17,3%	48,7 (ha)
Alta	67,9%	191,6 (ha)

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

5.3 EXPANSÃO URBANA E A FORMAÇÃO DOS SETORES DE RISCO

Com a finalidade de dar continuidade à análise e ao cruzamento das informações, foi realizada a comparação de dados relacionados às áreas de risco a processos geodinâmicos, especificamente movimentos gravitacionais de massa, utilizando os dados obtidos pelo PMRR (2022).

Baseado no contraste das informações aqui apresentadas, pode-se inferir tal fato como resultado da combinação de diferentes fatores. O primeiro faz referência às diferentes escalas entre o mapeamento do risco, da susceptibilidade e da expansão urbana. Ou seja, uma classificação de alta susceptibilidade em escala mediana pode não encontrar correspondência integral na escala de detalhe. O segundo diz respeito a proporcionalidade da análise, isto é, como as áreas de baixa susceptibilidade são mais abundantemente ocupadas (Figura 7), é esperado um grupo amostral maior, apesar da menor propensão. O terceiro ponto sugere que além da condicionante geológica-geotécnica, podem existir outros fatores antrópicos intervenientes no agravamento do processo geodinâmico. Para Guerra (2011), os indivíduos podem alterar o equilíbrio das dinâmicas geomorfológicas atuantes no terreno, influenciando um ambiente por meio da criação de encostas artificiais, a exemplo dos cortes verticalizados, lançamento de água servida/esgoto, infraestrutura urbana inadequada, fossas, tubulações rompidas e criação de aterros/bota-fora.

Figura 9 - Ocupação desordenada Bairro Santa Rita - Mariana/MG.

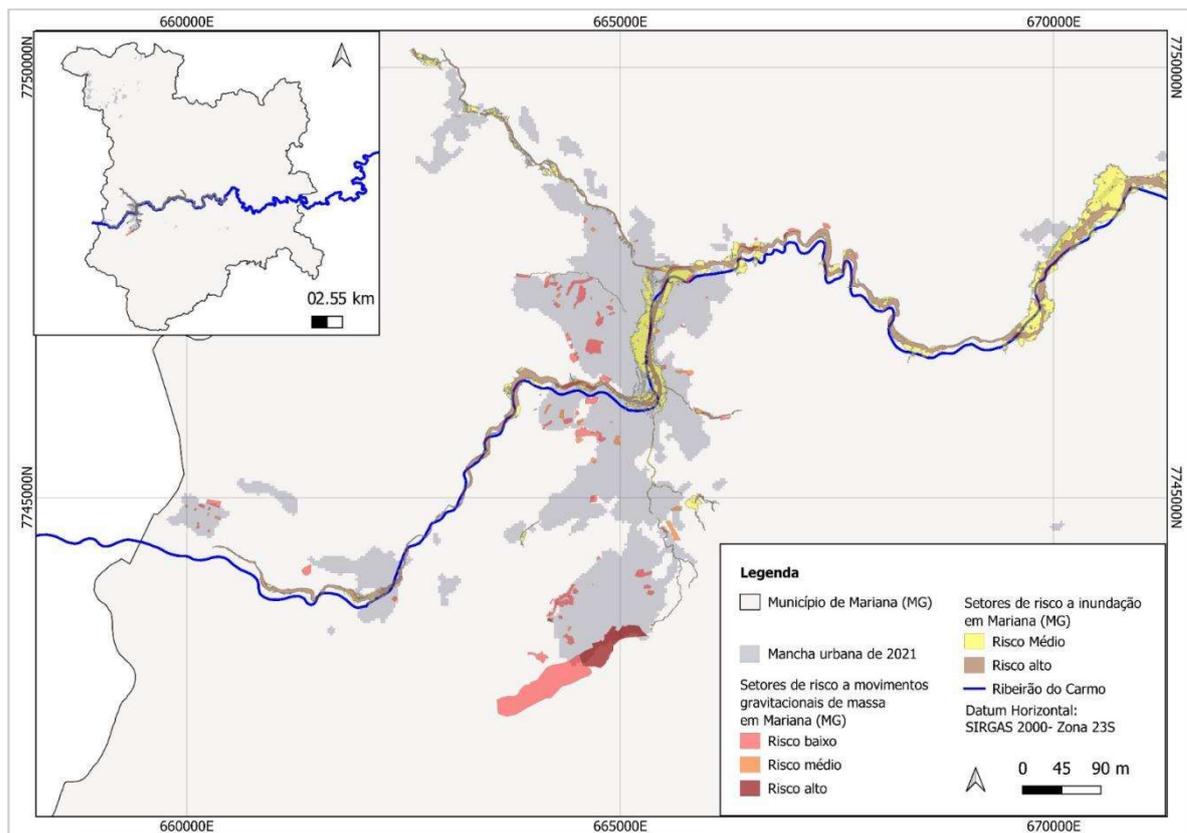


Fonte: Órgão Municipal de Proteção e Defesa Civil de Mariana/MG (2022).

Nesse contexto, terrenos aparentemente estáveis podem se tornar, a partir da ação antrópica, origem para o desenvolvimento de eventos geodinâmicos (Figura 9). É válido mencionar que, por outro lado, ações antrópicas de estabilização de terrenos também podem ter efeito contrário.

Na Figura 10 é possível visualizar a mancha urbana do município no ano de 2021 e as áreas de risco geológicos e hidrológicos derivadas do Plano Municipal de Redução de Riscos de Mariana realizado em 2022. Este mapa destaca as áreas de risco a inundações e movimentos gravitacionais de massa no território urbano da sede do município.

Figura 10 - Mapa da expansão urbana e as áreas de risco a movimentos gravitacionais de massa e inundações mapeadas em 2022.



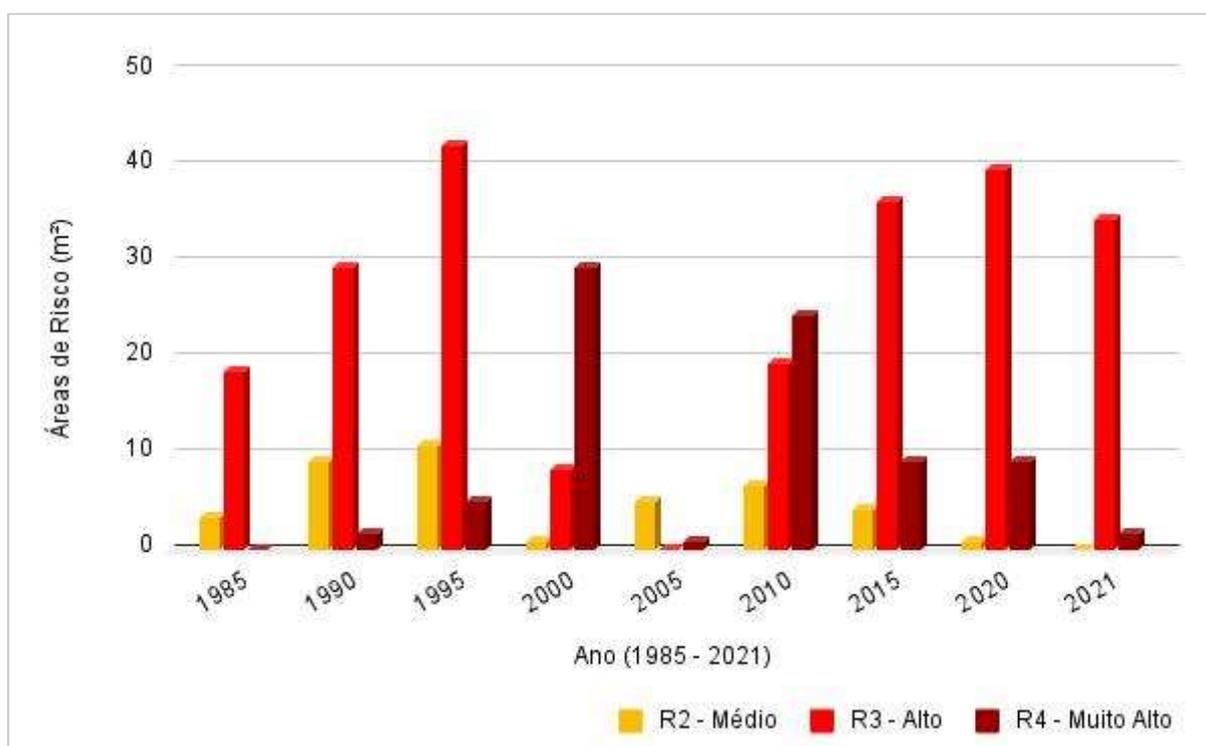
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Assim como a sede do município, os distritos de Bandeirantes, Monsenhor Horta e Cachoeira do Brumado possuem um histórico de desastres relacionados a inundações durante períodos chuvosos. É relevante destacar que Mariana decretou

Estado de Calamidade Pública (ECP) devido a inundações e/ou escorregamentos em três ocasiões: Decreto N° 0001/1997 de 03 de janeiro de 1997, 2.986/2003 de 11 de janeiro de 2003 e 6.123/2012 de 10 de janeiro de 2012. Ainda, segundo o Atlas Digital de Desastres no Brasil (2023), para Mariana, de 1991 a 2022, quando o assunto são os escorregamentos e as inundações, os desastres afetaram 90.633 pessoas, deixando prejuízos estimados da ordem de R\$ 90.517.458,48.

Os dados apresentados na Figura 11 fornecem informações sobre a ocupação do território em áreas classificadas posteriormente como risco médio (R2), alto risco (R3) e risco muito alto (R4) para movimentos gravitacionais de massa, conforme o Plano Municipal de Redução de Risco (Souza *et al.*, 2022). É evidente a expansão urbana em áreas que se tornaram em 2022, aos olhos do PMRR, de risco alto (R3). Destaca-se que atualmente aproximadamente 600 hectares de toda a extensão territorial do município são áreas de risco médio, alto ou muito alto.

Figura 11 - Expansão urbana sobre as áreas de risco a movimentos gravitacionais de massa do Plano Municipal de Redução de Risco de 2022.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

A Figura 12 destaca a sobreposição entre áreas susceptíveis a escorregamentos e as áreas de risco do PMRR de 2022. É possível evidenciar a formação de áreas de risco alto (R3) independente da susceptibilidade, com

destaque para os terrenos de baixa susceptibilidade. Como já mencionado anteriormente, esse fato pode ser fruto da interferência antrópica sobre o equilíbrio geomorfológico atuante no terreno, o que é possível, e até comum, de acontecer no caso de escorregamentos, bem como a escala media da análise de susceptibilidade e a tendência de ocupação humana em terrenos menos suscetíveis.

Figura 12 - Relação em m² entre áreas susceptíveis (SGB, 2021) e áreas de risco (PMRR, 2022).



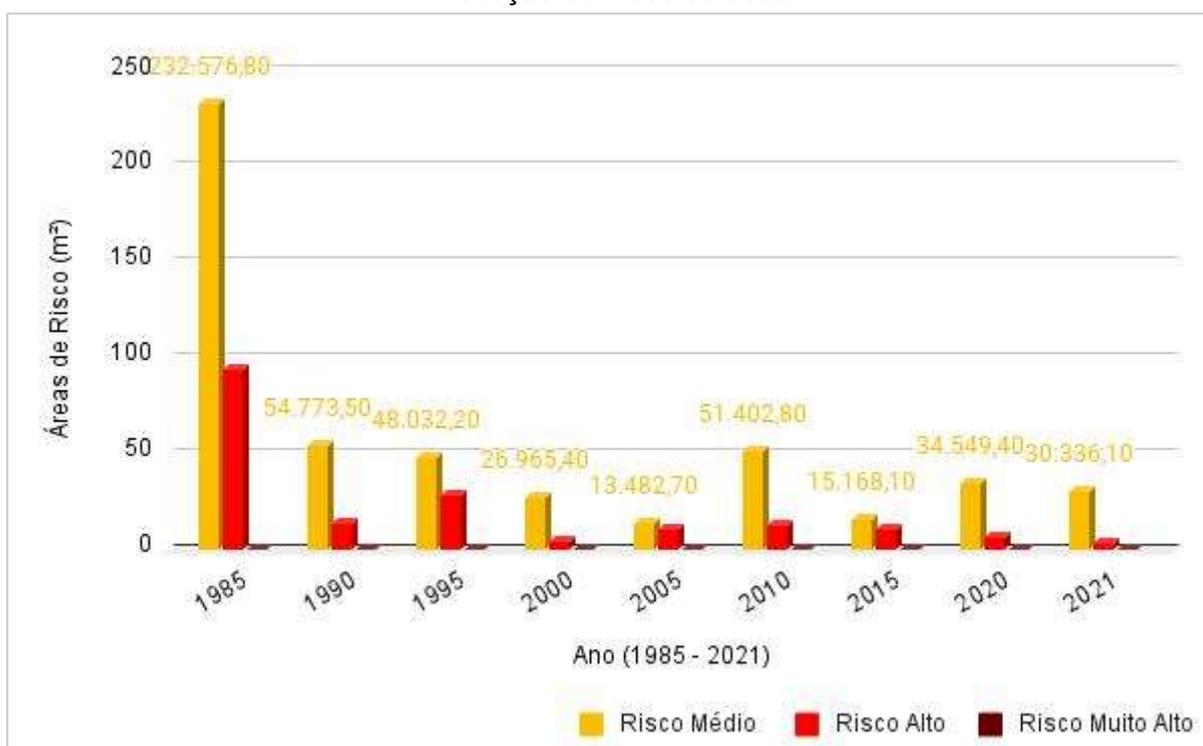
Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Por fim, a Tabela 5 apresenta a comparação entre os dados de baixa, média e alta susceptibilidade e os riscos mapeados (risco médio, risco alto e risco muito alto) pelo PMRR (2022) no caso específico das inundações. Ou seja, ela indica a quantidade em metros quadrados (m²) de áreas inicialmente classificadas como de baixa, média e alta susceptibilidade que acabaram se tornando áreas de risco médio, alto ou muito alto para inundações. A análise dos dados revela, ao contrário do que foi apresentado para os escorregamentos/movimentos gravitacionais de massa, um aumento progressivo para a formação das áreas de risco a medida em que o grau de susceptibilidade se intensifica. Esse fenômeno está associado a

dinâmica intrínseca do processo de inundação. Ao passo que os escorregamentos são processos muitas vezes pontuais, que ocorrem atrás de uma casa, e que localmente são influenciados pelas práticas construtivas inadequadas (cortes, aterros, lançamento de água servida, etc.), as inundações se comportam de maneira mais global, sendo sua dinâmica pouco alterada localmente pela ação antrópica, necessitando de modificações mais globais na escala de uma bacia hidrográfica. Ainda, da mesma forma que a baixa susceptibilidade a escorregamento é a área mais ocupada, quando se trata de inundações, os terrenos de elevada susceptibilidade historicamente tem concentrado grande parcela da população de Mariana, aumentando a chance do surgimento das áreas de risco se fixarem nessa porção do território.

A Figura 13 evidencia a expansão urbana ao longo dos anos e as áreas de risco a inundações do Plano Municipal de Redução de Risco (2022). Observa-se uma maior ocupação em áreas que se tornaram em 2022 de médio risco a inundações, com destaque ao ano de 1985, fruto da crescente e desordenada ocupação urbana. Logo, apesar do antiga ocupação do leito dos rios, desde os primórdios da formação do município, ainda hoje essa prática continua ocorrendo.

Figura 13 - Expansão urbana e as áreas de risco a inundações do Plano Municipal de Redução de Risco de 2022.



Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

Por meio da Tabela 4, foi realizado o cruzamento da susceptibilidade (SGB, 2021) com os dados relativos às áreas de risco a inundações do PMRR (2022). Observa-se que mais de 4 milhões m² das áreas de alta susceptibilidade ocupadas desde 1985 se tornaram áreas de médio e alto risco em 2022.

Tabela 4 - Relação em m² entre áreas susceptíveis (SGB, 2021) e áreas de risco a Inundações (PMRR, 2022).

Susceptibilidade	Risco Médio	Risco Alto	Muito Alto
Baixa	21.044,5	15.993,8	0
Média	207.077,6	127.950,4	0
Alta	2.916.763,3	1.712.177,9	0

Fonte: Elaborado pela Autora (2024).

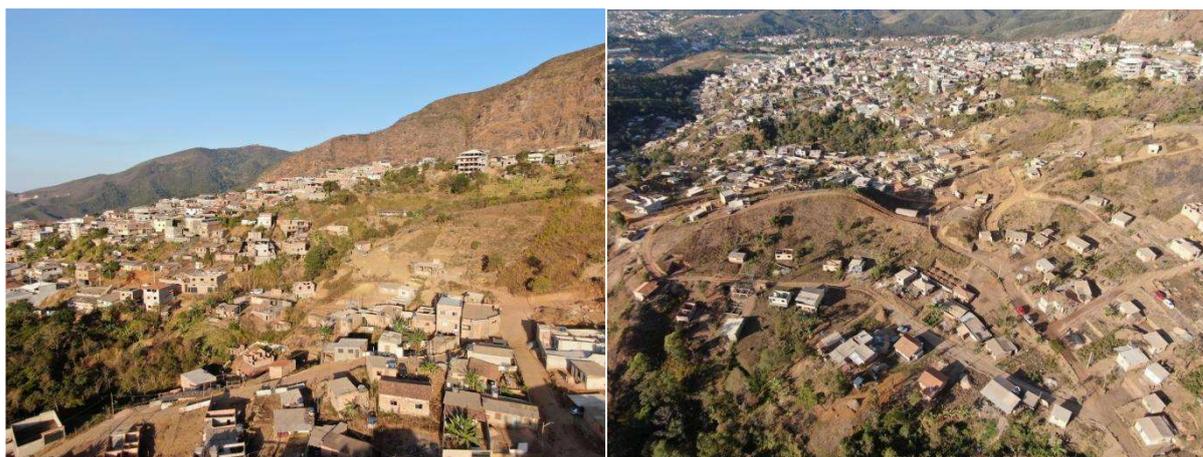
5.4 NOVAS TENDÊNCIAS DE OCUPAÇÃO URBANA EM MARIANA - MG

De maneira geral, o que se tem constatado é a intensificação das dificuldades de acesso à terra urbana pela população, ocasionada pelo aumento dos preços e pela deterioração do cenário social devido à ocupação de novas localidades desprovidas de infraestrutura urbana básica e adequada. Essa ocupação é atribuída, em grande parte, às populações menos favorecidas, devido às características de "regiões desvalorizadas". A ausência de políticas habitacionais nessas localidades resultou na falta de infraestrutura urbana básica, incluindo fornecimento de água tratada, sistema de esgoto sanitário, energia elétrica e pavimentação de ruas.

Na atualidade, essa tendência está atrelada ao processo de reparação de danos do rompimento da barragem de Fundão, um dos maior desastres tecnológicos do mundo. O processo de realocação temporária dos atingidos em mariana e a atração de mão-de-obra externa para as obras de reparação fez aumentar a demanda por edificações, muitas vezes custeadas por empresas privadas, aumentando assim a valorização imobiliária.

A Figura 14 destaca as imagens da ocupação da denominada "cidade nova". Essa ocupação está se expandindo em direção à chamada "Serrinha", área marcada por escarpas e depósitos de tálus, o que já evidencia sua predisposição a movimentos de blocos rochosos, além da existência de nascentes, cachoeiras e vegetação nativa. Por meio das imagens é evidente o baixo padrão construtivo, a falta de infraestrutura urbana e a eminente ação antrópica associada ao fator geológico, que pode culminar em áreas de risco. É perceptível também o quanto o território avança ao longo das encostas e morros, extrapolando fronteiras e aproximando-se a cada dia da base da escarpa rochosa da Serra do Itacolomy. Essa situação cria uma zona de elevado risco para a ocorrência de quedas de blocos, caracterizando a área como de risco R4 (muito alto) segundo PMRR (Souza *et al.*, 2022).

Figura 14 - Ocupação Desordenada Bairros Cabanas, Santa Rita.



Fonte: Órgão Municipal de Proteção e Defesa Civil Mariana/MG (2022).

Da mesma forma que nos bairros mencionados, há outras áreas na zona urbana que compartilham características semelhantes, como Santo Antônio (Prainha), Rosário, Morada do Sol, São Gonçalo, Galego e São Cristovão. Além disso, conforme a expansão urbana avança sem planejamento, fica evidente como a ação humana potencializa a ocorrência de acidentes geológico-geotécnicos. Isso ocorre tanto pela escavação de taludes para a abertura de vias públicas quanto pela execução de cortes e aterros para a construção de novas moradias. Em outras palavras, as áreas de risco derivam não só das características geológicas-geotécnicas dos terrenos, mas estão associadas em grande parte à ocupação desordenada e, por vezes, desprovida de critérios técnicos. A intrínseca fragilidade

dessas áreas, combinada à precariedade das ocupações e da infraestrutura urbana, amplifica a propensão aos desastres na medida em que aumenta a vulnerabilidade e o perigo.

6 CONCLUSÃO

Diante das especificidades do território marianense no que se refere à sua predisposição a fenômenos geo-hidrológicos, em especial inundações e movimentos gravitacionais de massa, conforme destacado ao longo da pesquisa, há indícios de que o crescimento da área urbanizada de Mariana não foi acompanhado por uma criteriosa implementação de instrumentos de gestão territorial. Ainda, a carência de opções habitacionais e de programas governamentais inclusivos, emergem como o impulsionador subjacente dessa dinâmica de ocupação informal de terras urbanas. Somado-se a isso, a insuficiência das políticas públicas cria um ciclo de desafios, dificultando o controle da expansão e seus impactos ambientais, sociais e econômicos.

Nos primeiros anos de desenvolvimento, a formação histórica de Mariana foi baseada em atributos econômicos, sociais e políticos, sendo posteriormente influenciada por elementos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos na medida em que problemas associados a fenômenos naturais surgiam. No entanto, ao longo do tempo, essa dinâmica se inverteu, promovendo uma mudança do sistema natural em busca de adequação às ações antrópicas, especialmente aquelas resultantes da ocupação desordenada, que tem suas raízes na desigualdade social histórica do nosso país. Essas ações frequentemente se tornam aditivos para os processos naturais, em especial movimentos gravitacionais de massa e inundações, acelerando e ampliando as consequências, envolvendo a dinâmica humana a essas ações, isto é, incorporando a vulnerabilidade ao perigo natural existente, culminando em risco e, em alguns episódios mais críticos, em desastres socionaturais.

Todo o contexto mencionado fica evidente por meio do baixo padrão construtivo, através do contínuo crescimento ao longo das margens do Ribeirão do Carmo, expandindo-se para as encostas, fora do interesse predominante do setor imobiliário. Em algumas instâncias, essa expansão atinge áreas de alta susceptibilidade que,

por precaução, não deveriam ser habitadas devido ao perigo presumido. Por outro lado, muitas vezes os terrenos de baixa susceptibilidade são tão intensamente alterados pela falta de conhecimento e infraestrutura urbana, que a ação antrópica se torna fator de predisposição, elevando, pós-ocupação, a propensão ao desenvolvimento do processo. Assim, é importante reforçar que, além dos elementos geológicos e geomorfológicos naturais do território, a urbanização desordenada e a influência da ação humana nas áreas ocupadas podem ter contribuído, tanto para a formação das áreas de risco evidenciadas ao longo deste estudo, quanto para a ocorrência de acidentes geológico e hidrológicos no Município.

Logo, a identificação de áreas suscetíveis a determinados processos, como movimentos gravitacionais de massa, inundações ou outros eventos adversos, é crucial para destacar locais com maior propensão a enfrentar tais problemas. Todavia, só isso pode não ser suficiente para minimizar os desastres, sendo necessário que a ocupação seja acompanhada pelo adequado processo de urbanização e boas práticas de engenharia e arquitetura. Salienta-se aqui a necessidade de buscar estudos mais locais e detalhados para reforçar as evidências levantadas.

Destaca-se que a ocupação dessas áreas é influenciada por diversos fatores, incluindo políticas locais, falta de planejamento urbano, valorização imobiliária, conscientização da população, vulnerabilidade social, ausência de políticas públicas, medidas de mitigação e intervenção implementadas. Nesse contexto, a falta de intervenção das autoridades locais e de instrumentos urbanos para estabelecer restrições, regulamentações e acesso a boas práticas pela parte mais desfavorecida da população tende a resultar no aumento de áreas de risco, podendo ocasionar desastres naturais com perdas materiais e humanas.

Ao longo deste estudo, os valores e porcentagens obtidos indicam um aumento da ocupação urbana nas áreas com média e alta susceptibilidade durante os anos de 1985 a 2021. Destaca-se, principalmente, o crescimento das áreas de alta susceptibilidade, o que sugere uma potencialidade para a formação de futuras áreas de risco nessas regiões, principalmente se as práticas de ocupação não levarem em consideração as peculiaridades locais, intensificando a propensão natural existente ao processo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEOTTI, P. & Chowdhury, R. (1999). **LANDSLIDE HAZARD ASSESSMENT: SUMMARY REVIEW AND NEW PERSPECTIVES**. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58(1): 21-44.

ARANA, A. R. A.; FROIS, M. R. **PLANEJAMENTO URBANO AMBIENTAL: DIRETRIZES PARA O ZONEAMENTO NA BACIA DO CÓRREGO DO LIMOEIRO EM PRESIDENTE PRUDENTE-SP**. Geosp – Espaço e Tempo, v. 20, n. 3, p. 619-635, 2016. Acesso em: 04 dez. 2023.

ARAÚJO, Wagner Muniz de. **ANÁLISE DO PLANO DIRETOR DE MARIANA - MG (2002 - 2017)**. Seropédica, f. 164, 2018, p. 65-150 Dissertação (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL E POLÍTICAS PÚBLICAS) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

ATLAS Brasileiro de Desastres Naturais 1991 A 2012, Florianópolis , 2ª edição revisada e ampliada, 2023. 126 p.

BARELLA, César. **ABORDAGENS ESTATÍSTICAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE SUSCEPTIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA: ANÁLISE DE DIFERENTES TÉCNICAS NO CONTEXTO DO QUADRILÁTERO FERRIFERO**. Repositorio Institucional da UFOP. Ouro Preto, 2016, p. 13-14. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/>. Acesso em: 19 dez. 2023.

BRASIL. (2008). Moção n. 087, de 14 de janeiro de 2008. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. **Constituição**. LEI No 6.766, DE 19 DE DEZEMBRO DE 1979. Brasília, DF, 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm. Acesso em: 15 fev. 2023.

BRASIL. Congresso Nacional. **LEGISLAÇÃO FEDERAL N. 12.608, DE 09 DE ABRIL DE 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de abril de 2012, ano 2012.

BRASIL. Congresso Nacional. **LEI FEDERAL N. 10.257, DE 09 DE JULHO DE 2001**. Diário Oficial da União, Brasília, 10 de julho de 2001, ano 2001.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF. Senado Federal, 1988. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 30 dez. 2023.

CARVALHO, Celso Santos *et al.* **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios**. Brasilia Tese, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **LEI FEDERAL N. 12.340, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2010.** Diário Oficial da União, Brasília, 01 de outubro de 2010, ano 2010.

CANEPA, C. **CIDADES SUSTENTÁVEIS: O MUNICÍPIO COMO LÓCUS DA SUSTENTABILIDADE.** São Paulo, 2007. Acesso em: 22 nov. 2023.

CENSO DEMOGRÁFICO 2022. MARIANA - MG. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 28 dez. 2023.

Cerri, L.E. da S. & Amaral, C. **RISCOS GEOLÓGICOS.** 1998. Geologia de Engenharia. São Paulo, ABGE (Associação Brasileira de Geologia de Engenharia), 1998, p.301-310. Acesso em: 13 jan. 2024.

CONSELHO Municipal do Patrimônio Cultural COMPAT Mariana Minas Gerais: Zelando pela nossa História. **ATAS DO CONSELHO MUNICIPAL DO PATRIMÔNIO CULTURAL DE MARIANA - COMPAT.** 2003. Disponível em: <https://www.compat.info/>. Acesso em: 22 jan. 2024.

COSTA, Everaldo B; FERREIRA, Tatiane A. **PLANEJAMENTO URBANO E GESTÃO DE RISCOS: VIDA E MORTE NAS CIDADES BRASILEIRAS.** Revista Olam Ciência e Tecnologia (UNESP), Rio Claro, ano 10, v. 10, n. 2, p. 171-196, ago./dez. 2011. Acesso em 10 nov. de 2023.

CPRM. **SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.** Disponível em: <https://cprm.gov.br/>. Acesso em: 2 jan. 2024.

CYMBALISTA, Renato; CARDOSO, Patrícia de Menezes; NAKASHIMA, Rosemeire. **O Plano Diretor de Mariana-MG: a difícil articulação entre planejamento urbano, patrimônio histórico e atores políticos.** Instituto Pólis. São Paulo, 2006. 22 p. Disponível em: <https://polis.org.br/publicacoes/o-plano-diretor-de-mariana-mg-a-dificil-articulacaoentre-planejamento-urbano-patrimonio-historico-e-atores-politicos/>. Acesso em: 17 dez. 2023.

CUTTER, S. **VULNERABILITY TO ENVIRONMENTAL HAZARDS. PROGRESS IN HUMAN GEOGRAPHY,** v. 20, n.4, p.529-539, dez. 1996.

D'ANGELO, Raphael Queiroz; PEREIRA COSTA, Staël de Alvarenga. **A IDENTIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE ESPAÇOS LIVRES NO NÚCLEO HISTÓRICO URBANO EM MARIANA-MG.** p. 06. Universidade Federal de Minas Gerais, Salvador, 2016. Acesso em: 13 jan. 2024.

FONSECA, Cláudia Damasceno. **O ESPAÇO URBANO DE MARIANA: SUA FORMAÇÃO E SUAS REPRESENTAÇÕES IN TERMO DE MARIANA: HISTÓRIA E DOCUMENTAÇÃO.** Imprensa Universitária a UFOP, 1995, 221p. Acesso em: 8 jan. 2024.

FELL, R. et al. **GUIDELINES FOR LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY, HAZARD AND RISK ZONING FOR LAND-USE PLANNING**. Engineering Geology, p. 83-111, 2008.

GIRÃO, Ítalo Renan Ferreira ; RABELO, Davi Rodrigues ; ZANELLA, Maria Elisa . **ANÁLISE TEÓRICA DOS CONCEITOS: RISCOS SOCIOAMBIENTAIS, VULNERABILIDADE E SUSCETIBILIDADE**. REGNE, Fortaleza, CE, v. 4, p. 72-83, 10 05 2018.

GONÇALVES, Maria Teresa; Souza, Maria José Ferro de. **FESTEJANDO O SACRO E O PROFANO: AS FESTAS PATROCINADAS PELO SENADO DA CÂMARA DE MARIANA, AO LONGO DO SÉCULO XVIII E PRIMEIRA METADE DO SÉCULO XIX**. Casa de Vereança de Mariana: 300 anos de História da Câmara Municipal. Ouro Preto: Edufop/PPGHIS, 2012. Acesso em: 12 jan. 2024.

MINERAÇÃO E DESTRUIÇÃO SOCIOAMBIENTAL EM MINAS GERAIS: UMA APROXIMAÇÃO ENTRE O PASSADO E O PRESENTE. HH Magazine. 2021. Disponível em: <https://hhmagazine.com.br/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

IBGE . **Cidades e Estados**: Mariana/MG. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/mariana.html>. Acesso em: 5 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: 27 dez. 2023.

Marcelino, E. V. **DESASTRES NATURAIS E GEOTECNOLOGIAS: CONCEITOS BÁSICOS**. 2008. 38p. Acesso em: 13 jan. 2024.

MARICATO, E. (2001). Brasil, **CIDADES: ALTERNATIVAS PARA A CRISE URBANA. PETRÓPOLIS: VOZES**.

MONTEIRO, Jander Barbosa; ZANELLA, Maria Elisa. **DESNATURALIZANDO O DESASTRE: AS DIFERENTES CONCEPÇÕES TEÓRICAS QUE ENVOLVEM O CONCEITO DE DESASTRE NATURAL**: Denaturalizing disaster: the different theoretical conceptions that involve the concept of natural disaster. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 21, p. 40-54, Jun 2019.

PLANO DIRETOR: **LEI COMPLEMENTAR Nº 016/2003**. 2004. Disponível em: <http://camarademariana.mg.gov.br/>. Acesso em: 15 dez. 2023.

PLANO DIRETOR: **LEI COMPLEMENTAR Nº 228, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2022**. MARIANA, 2022. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/>. Acesso em: 7 jan. 2024.

PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO – PMRR - MARIANA – MG. **2º ETAPA ELABORAÇÃO DO PLANO MUNICIPAL DE REDUÇÃO DE RISCO: MAPEAMENTO, SETORIZAÇÃO E PROPOSTAS DE AÇÕES ESTRUTURAIS E NÃO ESTRUTURAIS..** Belo Horizonte: Zemlya Consultoria e Serviços, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MARIANA. **PMM.** Disponível em: <https://www.mariana.mg.gov.br/>. Acesso em: 2 jan. 2024.

REVISÃO DO PLANO DIRETOR DE MARIANA. **DIAGNÓSTICO INTEGRADO – VOLUME I: LEITURA TÉCNICA DOS EIXOS TEMÁTICOS DE ASPECTOS AMBIENTAIS, ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E TURISMO.** Mariana/MG, 2019.

SANTOS, E. D. O.; FALCÃO, N. A. D. M.; LIMA, J. V. A. D. **DESLIZAMENTO DE ENCOSTAS URBANAS: CONSEQUÊNCIAS E IMPLICAÇÕES SOCIAIS, AMBIENTAIS 48 E POLÍTICAS.** DIVERSITAS JOURNAL., Santana do Ipanema, v. 5, p. 1859-1886

SILVEIRA, D. C. . C. R. F. . & L. Z. M. P. D. **O PLANEJAMENTO DE QUATRO ÁREAS DO PROGRAMA VILA VIVA NA CIDADE DE BELO HORIZONTE, BRASIL: UMA ANÁLISE DOCUMENTAL.** Ciência & Saúde Coletiva, Belo Horizonte, 2012. 1165-1174.

SILVA, Jordana Ferreira da; SILVA, Fernanda Faria; OLIVEIRA, Héder Carlos de. **MINERAÇÃO, ESPECIALIZAÇÃO PRODUTIVA E O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO DESASTRE EM MARIANA (MINAS GERAIS – BRASIL),** f. 23. 2019. 03 p Tese (CEDEPLAR) - Universidade Federal de Minas Gerais.

SILVA, Maria de Jesus Venâncio . **DIREITO A MORADIA: REFLEXÕES SOBRE A POLÍTICA PÚBLICA DE HABITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE MARIANA-MG.** Mariana, f. 55, 2019. 46 p Trabalho de Conclusão de Curso (Serviço social) - Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2019.

SOUZA, Leonardo Andrade de ; SOBREIRA, Frederico Garcia . **SUSCETIBILIDADES E RISCOS ASSOCIADOS A PROCESSOS GEODINÂMICOS. ESTUDO DA CIDADE DE MARIANA - MG,** f. 15. 2005. Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em: <https://www.researchgate.net>. Acesso em: 22 dez. 2023.

SOUZA, Leonardo Andrade de, SOBREIRA, Frederico Garcia, e PRADO FILHO, José Francisco do. **CARTOGRAFIA E DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL APLICADOS AO ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA – MG,** f.03. 2005. Disponível em: In RBC - Revista Brasileira de Cartografia. Acesso em: 09 dez. 2023

SOUZA, Leonardo Andrade. **DIAGNÓSTICO DO MEIO FÍSICO COMO CONTRIBUIÇÃO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL DO MUNICÍPIO DE MARIANA (MG).** REPOSITORIO INSTITUCIONAL DA UFOP. Ouro Preto, 2004, p. 18-135. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/>. Acesso em: 29 dez. 2023.

Varnes, D.J. & IAEG Commission on Landslides and other Mass-Movements. (1984). *Landslide Hazard Zonation: A Review of Principles and Practice*. United Nations Educational, UNESCO, Paris, France, 63 p.

VELOSO, Tércio Voltani. **PROPOSTAS PARA CONTER AS INUNDAÇÕES NO RIBEIRÃO DO CARMO – MARIANA, MINAS GERAIS (1745-1747)**. Revista Angelus Novus, 2012, p.22–41. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/ran/article/viewFile/88863/91737>. Acesso em: 09 jan. 2024.

MAIA, Letícia Costa de Castro. **A QUESTÃO HABITACIONAL COMO MERCADORIA: UM ESTUDO SOBRE A OCUPAÇÃO ALTO ROSÁRIO EM MARIANA (MG)**. Mariana, 2017. 39 p Monografia (Serviço social) - Universidade Federal de Ouro Preto, Mariana, 2017.

MARICATO, ERMÍNIA . MetrÓpole, legislação e desigualdade. **ESTUDOS AVANÇADOS**, p. 151-167, 2003.

MARTINS, Karla Gonçalves. **EXPANSÃO URBANA DESORDENADA E AUMENTO DOS RISCOS AMBIENTAIS À SAÚDE HUMANA: O CASO BRASILEIRO**. Planaltina, DF, 2012. 65 p Trabalho de Conclusão de Curso (Gestão ambiental) - Universidade de Brasília.

PONTE NA RUA DIREITA EM MARIANA (MG). **SISTEMA INTEGRADO DE ACESSO DO APM**. Disponível em: <http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br>. Acesso em: 22 jan. 2024.

TEDESCHI, Denise. **ÁGUAS URBANAS: FORMAS DE APROPRIAÇÃO DAS ÁGUAS EM MARIANA (1745- 1798)**. Campinas, SP, 2011. dissertação de mestrado.