André Ribeiro

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO E MOVIMENTO EM MASSA EM SÃO JOÃO DEL-REI, MINAS GERAIS/BRASIL

Coimbra
2024

estudos
CINDÍNICOS

RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

Estruturas Editoriais | Editorial Structures
Estudos Cindínicos

Diretor Principal | Main Editor
Luciano Lourenço
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Diretores Adjuntos | Assistant Editors
António Amaro, Adélia Nunes, António Vieira, Fátima Velez de Castro
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Assistente Editorial | Editoral Assistant
Fernando Félix
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

Comissão Científica | Editorial Board

Adélia Nunes
Universidade de Coimbra

Ana Meira Castro
Instituto Superior de Engenharia do Porto

António Betâmio de Almeida
Instituto Superior Técnico, Lisboa

António Duarte Amaro
Escola Superior de Saúde do Alcoitão

António Vieira
Universidade do Minho

Cármen Ferreira
Universidade do Porto

Fátima Velez de Castro
Universidade de Coimbra

Helena Fernandez
Universidade do Algarve

Humberto Varum
Universidade de Aveiro

José Simão Antunes do Carmo
Universidade de Coimbra

Luciano Lourenço
Universidade de Coimbra

Romero Bandeira
Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Porto

Tiago Ferreira
Universidade do Minho

Tomás de Figueiredo
Instituto Politécnico de Bragança

Antenora Maria da Mata Siqueira
Universidade Federal Fluminense, Brasil

Carla Juscélia Oliveira Souza
Universidade de São João del Rei, Brasil

Esteban Castro
Universidade de Newcastle, Reino Unido

José António Vega
Centro de Investigación Forestal de Lourizán, Espanha

José Arnaez Vadillo
Universidade de La Rioja, Espanha

Lidia Esther Romero Martín
Universidade Las Palmas de Gran Canaria, Espanha

Miguel Castillo Soto
Universidade do Chile

Monserrat Díaz-Raviña
Inst. Inv. Agrobiológicas de Galicia, Espanha

Norma Valencio
Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Ricardo Alvarez
Univ. Atlântica, Florida, Estados Unidos da América

Victor Quintanilla
Universidade de Santiago de Chile, Chile

Virginia Araceli García Acosta
CIESAS, México

Xavier Ubeda Cartañà
Universidade de Barcelona, Espanha

Yvette Veyret
Universidade de Paris X, França

ANDRÉ BARBOSA RIBEIRO FERREIRA

RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO DE INUNDAÇÃO E MOVIMENTO EM MASSA EM SÃO JOÃO DEL-REI, MINAS GERAIS/BRASIL

Edição
RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança
Email: riscos@riscos.pt
URL: https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/

Coordenação Editorial
André Barbosa Ribeiro Ferreira

Imagem da Capa
Isabelle Capanema Maciel (2023)

Paginação
Fernando Félix

Execução Gráfica
Fernando Félix

ISBN Digital
978-989-9053-23-6

DOI
https://doi.org/10.34037/978-989-9053-23-6_06

1.ª Edição

©Novembro 2024, RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança

DEDICATÓRIA

Aos profissionais do planejamento, à Defesa Civil, aos estudiosos da temática e a São João del-Rei. Que este trabalho possa contribuir para o planejamento territorial, urbano, a gestão de riscos e a prevenção de desastres.

AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores e orientadores: Andréa Aparecida Zacharias, Francielle da Silva Cardozo e Bráulio Magalhães Fonseca.

À minha avó Maria José, minha mãe Andréia, minha irmã Júlia e meu companheiro Murillo.

Aos amigos e colaboradores da Unesp: Marina Diotto, Gláucia Mardegan, Bruno Zucherato, Franciele Guerra e Renata Ferreira

Aos amigos e colaboradores de São João del-Rei: Júlio Costa, Viviane Valéria, Rafael Begname, Gustavo Zanin, Paula Resende, Fernanda Resende, Raquel Cássia, Márcio Toledo e Alexandre Vargas.

À equipe da Biblioteca Municipal Baptista Caetano d'Almeida, do Instituto Histórico Geográfico de São João del-Rei, da Prefeitura Municipal, da Defesa Civil e do Corpo de Bombeiros.

Aos professores e professoras: Ricardo Estanislau Braga, Silvia Ventorini e Carla Juscélia de Oliveira Souza.

Ao IPT, em especial ao Eduardo Soares de Macedo, Caio Pompeu Cavalhieri, Marcelo Gramani, Alessandra Corsi, Juliana Conceição e Larissa Demarco.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) – Processo n. 158062/2021-3.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) -Processo nº 2022/15464-1.

À Riscos – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança pelo convite para tornar este estudo acessível a partir deste e-book.

Ao IGTECH, por acreditar e implementar a metodologia nos estudos e diagnósticos territoriais de Planos Diretores.

PREFÁCIO

Os conceitos de vulnerabilidade e de risco nas pesquisas e trabalhos que os envolvem, demandam perspectivas multi-inter-transdisciplinares e exigem tomadas de posição e decisão. Tanto, por parte dos pesquisadores que se dedicam na formulação de procedimentos tecnológicos e metodológicos indispensáveis à integração de saberes, quanto pelos diferentes gestores que atribuem um conjunto de arranjos formais, funcionais, estruturais e legais associados a processos socioambientais e culturais pelo ordenamento territorial.

Destarte, suas temáticas no âmbito social, tecnológico ou natural têm estado no centro das discussões contemporâneas no meio acadêmico científico, ou no meio administrativo governamental, que buscam se articular para propor metodologias e técnicas com vistas às ações preventivas adequadas relacionadas ao planejamento, monitoramento e enfrentamento de eventos perigosos.

Vulnerabilidades e riscos podem proceder de circunstâncias externas ao Planeta Terra ou intrínsecas às relações entre sociedade e natureza no próprio território e nos diferentes ambientes da paisagem. Tanto que, nas últimas três décadas, observa-se um aumento significativo do número de desastres naturais, muitas vezes correlacionados aos eventos climáticos extremos, como também as formas inadequadas de uso e ocupação da terra e do solo urbano, cujas ações alteraram negativamente a qualidade de vida da população mundial na totalidade.

Os diversos parâmetros legais internacionais elencam e reconhecem direitos sociais, entre os quais o ambiental. O não atendimento a esses direitos deixa as pessoas e os grupos sociais em situações de vulnerabilidade e riscos, muitas vezes submetidas a catástrofes de pequenas a grandes envergaduras.

Constatação da qual, no Brasil, frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas, pesquisas sobre políticas públicas que traduzem estudos voltados ao desenvolvimento sustentável são questões amparadas pelas legislações brasileiras. O conceito de Cidade Sustentável, amplamente discutido na Conferência Habitat de 1996, em Istambul (Turquia), foi incorporado ao Estatuto da Cidade, em 2001, pela Lei Federal no 10.257. Desde então, a garantia da qualidade de vida e dos assentamentos humanos sustentáveis

tornaram-se marcos a serem seguidos pelos Planos Diretores municipais brasileiros, como estratégias metodológicas de políticas públicas e gestão de sustentabilidade do território.

Igualmente, a Lei Federal n.º 12.187 de 2009, institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima e estabelece medidas para a redução da vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos diante dos efeitos adversos das mudanças climáticas. Ao passo que a Lei Federal nº 12.608, de 2012, instaura a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), a partir da criação de um sistema nacional de informações e monitoramento para auxiliar na tomada de decisões necessárias à redução dos riscos de desastre.

Mas, pelo supracitado urge algumas reflexões e inquietações, tais como: Como compreender esses processos? Como tornar os riscos mensuráveis, operacionais e passíveis de gestão? Como planejar um futuro sustentável, resiliente e menos vulnerável? são as questões atuais e prevalentes, cada vez mais complexas e de difícil mensuração, ao entender que as vulnerabilidades do ambiente podem ser intensificadas ou amortizadas pelos agentes sociais no decorrer da relação sociedade e natureza e suas interações.

Diante das questões expostas, cada vez mais a Geografia segue em busca de elementos no entendimento da dinâmica da paisagem que possibilitem o diagnóstico de áreas suscetíveis aos riscos socioambientais na escala local. E, com esse propósito, baseiam-se em processos associados a um bom conhecimento da paisagem frente às dinâmicas territoriais e dos riscos a eles associados, pelo seu principal modo de reconhecimento espacial, a Cartografia Geográfica.

A Cartografia Geográfica e/ou Geocartografia, nesse escopo, consiste em um importante procedimento técnico e metodológico que, associado a geoinformação e análise espacial, viabiliza estudos que permitem a avaliação e a mensuração de fenômenos que potencializam as vulnerabilidades e os riscos em diferentes paisagens. O processo fornece cenários gráficos espaciais e temporais no registro do presente, do passado e principalmente do futuro no território diagnosticado.

No hodierno, a análise de dados mapeados para auxiliar à tomada de decisões tem se tornado, no todo, uma das partes mais importantes no gerenciamento dos recursos naturais e urbanos quando se planeja efetivar ações voltadas às

políticas de ordenamento territorial, cuja gestão sustentável busca cidades mais resilientes aos processos e conflitos ambientais nela presentes.

Quando as pesquisas cuidam de processos que "ordenam os territórios", precisam considerar quais são os usos e quem são seus usuários. Tal apuração permite a identificação das estratégias utilizadas para uso dos territórios, bem como quem são os atores, quais são os conflitos já instalados e os potenciais conflitos que estão em processo de instalação. Tais conteúdos permitem intervenções adequadas para prevenção e redução das consequências de desastres.

Diversos campos do saber se utilizaram dessas categorias, mas nem sempre se comunicam entre si, eventualmente assumindo características díspares e contraditórias. Há necessidade de os pesquisadores das diversas áreas do conhecimento se dedicarem na formulação de procedimentos tecnológicos e metodológicos indispensáveis à integração de saberes.

A partir das reflexões e preocupações dialógicas aqui arroladas, o estudo apresentado no livro "Identificação, mapeamento e representação espacial de áreas de risco de inundação e movimento de massa – estudo de caso da cidade de São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil", por André Barbosa Ribeiro Ferreira, reúne no mínimo 4 (quatro) relevâncias científicas: (1) aplicar as geotecnologias e os métodos de representação espacial no estudo de áreas de risco de inundação e movimento de massa, a partir de uma análise integrada de São João del-Rei, Minas Gerais, Brasil; (2) sistematizar uma proposta metodológica que represente, por meio de álgebra de mapas e da combinação de variáveis, áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos de massa; (3) estudar os graus de perigo e risco diante da exposição aos processos supracitados, tendo como base um modelo morfométrico para identificação de áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos de massa na cidade em questão; (4) contribuir para estabelecer conexões, entre a Ciência e o Poder Público, que amplia o diálogo na busca de caminhos capazes de subsidiar as decisões no âmbito das administrações públicas.

Assim, a proposta da apresentação foi subdividida em 6 (seis) capítulos indissociáveis, os quais levam os leitores a compreender de maneira ampla as abordagens relativas a esses temas, tendo como base o município de São João del-Rei. Esta área de estudo está localizada na Região Centro-Sul do estado de

Minas Gerais (Brasil), a qual tem formação inicial no final do século XVII e atrelada à busca e exploração mineral do período.

Desta forma, o estudo, mostra o quanto há por fazer, além de enfatizar a preocupação do pesquisador na busca de soluções para as dúvidas ainda não respondidas, a partir de um conjunto de teorias, métodos, técnicas e análises espaciais. Com este livro, fica enriquecida a Ciência, a Sociedade e seus Gestores.

Boa leitura!

Rio Claro, SP - Brasil, primavera de 2024

Profª Associada Andréa Aparecida Zacharias

Geógrafa, Livre Docente em Cartografia Temática e Métodos de Análise e Representação Espacial, Pesquisadora Produtividade - CNPq/PQ 2. Professora da Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação (FCTE), Departamento de Geografia e Planejamento (DGPlan) da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP/Câmpus de Ourinhos/SP. Docente Credenciada no Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado e Doutorado) - IGCE/UNESP/Câmpus de Rio Claro/SP. Líder do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia - GEOCART/CNPq/Brasil e Membro associado da RISCOS - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança (Portugal)

APRESENTAÇÃO

Para a compreensão sistêmica da temática em questão, cabe, primeiramente, resgatar que tanto o risco diante de um processo de inundação como o de movimentação em massa têm a água como principal agente deflagrador. Esta, no tempo histórico, pode ser considerado elemento primordial para a formação dos primeiros núcleos de civilização e desenvolvimento destes. Na Mesopotâmia, no Egito e depois nas cidades europeias, por exemplo, a partir da Idade Média, os rios foram precursores e condutores da estruturação social, bem como do desenvolvimento de técnicas de cultivo, abastecimento e comércio (Marcondes, 1999). No Brasil, a história não foi diferente. Muitas cidades surgiram às margens dos rios (Costa, 2006), outras se formaram agregando a topografia aos cursos d'água (Risério, 2013). Nesse sentido, Azevedo (1956, p. 71) afirma que, no Brasil colonial, "raro era o núcleo urbano que não estava associado a um curso d'água, grande, médio ou pequeno". A preferência pela proximidade ao corpo d'água se dava pelo próprio acesso e fornecimento, pela obtenção e cultivo de alimentos, pela comunicação e, no caso dos núcleos oriundos da mineração, pela presença de ouro e pedras preciosas no cascalho dos leitos de rio (Azevedo, 1956).

Tais cidades de origem minerária se formaram a partir de uma colonização urbanizada dos interiores, estabelecendo núcleos esparsos e estrategicamente localizados junto aos córregos de exploração aluvial e às encostas de maior ocorrência aurífera (Guerreiro, 2000; Reis Filho, 1999, 2001), ou seja, os assentamentos nasciam colados ao ouro. Antes da racionalidade da prancheta, estava a distribuição de riquezas no espaço físico (Risério, 2013).

Entretanto, com o crescimento populacional e a expansão desses núcleos urbanos, ocorreu um distanciamento da referida relação naturalista em detrimento de uma aproximação das concepções antropocêntricas[1]. Essa nova visão – ou

[1] De origem grega, sendo antrhopos (humano) e kentron (centro), o antropocentrismo é um pensamento filosófico, ou concepção, que coloca o ser humano como indivíduo central, dotado de inteligência, para ações no entendimento do mundo. Relaciona-se à ideia religiosa da essência divina do ser humano, concepção essa que nos atribuiu – em nome da supremacia da razão – o poder de dominar a natureza (Levai, 2006).

"não visão" – do espaço natural se tornou crescente e condicionou à população, sobretudo das cidades, uma postura de hegemonia humana sobre a paisagem que, anteriormente, subsidiou a formação dos "lugares" (Melo, 2005).

Nesse sentido, Maricato (2003) ressalta que, no final do século XX, no Brasil, os grandes núcleos urbanos eram vistos como locais insalubres, com águas poluídas, enchentes e violência, entre outros. Esse cenário se ampliou na década de 1980, quando o número de habitantes em ambientes urbanos despontou frente ao rural. Ressalta-se que, em quarenta anos, a população total do Brasil praticamente triplicou, e a população concentrada nas cidades se multiplicou sete vezes e meia (Santos, 1988a).

Desse modo, em menos de cinquenta anos, o Brasil passou de um país predominantemente agrário a virtualmente urbanizado. Com isso, surgiram uma série de mudanças na estrutura socioeconômica do país e impactos sobre o meio físico, pois a construção de uma cidade, bem como o espraiamento dela, cria novas paisagens, impacta na circulação de energia, na água, na formação dos solos, na rede hidrográfica, nos divisores de água. Além disso, o processo reduz a superfície de escoamento, devido à impermeabilização, e pode aumentar a instabilidade das vertentes (Luz, 2015).

Compreende-se, assim, que a urbanização, sem o devido planejamento, afeta ainda mais as condições naturais e pode potencializar a ocorrência de desastres naturais (Ab'Saber, 2004, 2007). Esses desastres têm seu potencial de dano ampliado em função da urbanização e dos diferentes graus de vulnerabilidade da população, os quais estão associados às condições sociais, econômicas e culturais, dentre outras. Portanto, os desastres provocados por fenômenos naturais, como as inundações e movimentações em massa, tornaram-se mais frequentes e numerosos a partir da urbanização (Jatobá, 2011).

Conforme o Banco de Dados Internacional de Desastres (*International Disaster Database* [EM-DAT]), entre 1948 e 2022, foram contabilizados 260 eventos desastrosos no Brasil (CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS, 2022). Destes, 163 ocorreram por inundações, 25 deslizamentos e os demais por secas, temperaturas extremas e tempestades. No entanto, o EM-DAT considera como desastre apenas eventos que ocasionam mais de dez óbitos, afetam cem ou mais pessoas ou gere declaração de estado de emergência e pedido de auxílio internacional (AmaraL *et al.*, 2009).

Já na classificação brasileira, entende-se como desastre o resultado de um evento adverso, natural ou antrópico, que cause danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais (BRASIL, 2007a). Nessa conceituação, e com base nos dados da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, o Atlas Digital de Desastres no Brasil (BRASIL, 2023a) contabilizou, entre 1991 e 2019, 58.883 desastres no país. Desses, 5.103 foram causados por inundação, 1.072 por movimentos em massa e 10.129 por alagamentos e enxurradas. Esses números podem ser ainda maiores, pois há eventos de menor magnitude que, muitas vezes, não são registrados.

De modo geral, observa-se que o número de eventos com proporções desastrosas triplicou nas últimas décadas, passando de 2.825, entre 1991 e 2001, para 9.515, entre 2002 e 2012 (BRASIL, 2023a). Da mesma forma, o número de óbitos também aumentou. Somente por movimentos em massa, entre 1991 e 2001, foram contabilizadas 961 mortes. Entre 2002 e 2012, esse número passou para 1.910, sendo 811 ocorridas apenas em janeiro de 2011 nas cidades de Nova Friburgo e Teresópolis, no estado do Rio de Janeiro. De 2013 a março de 2023, já foram contabilizadas 939 mortes (Macedo, 2023)[2]. No ano de 2023, três eventos chuvosos apresentaram caráter desastroso no estado do Rio Grande do Sul, causando 80 óbitos. Recentemente, no ano de 2024, outro processo de inundação, em conjunto a movimentações de massa, afetou cerca de 463 municípios do referido estado, afetando 2,3 milhões de pessoas, deixando 583 mil desalojados e cerca de 157 mortes (G1 notícias – online).

Diante desses aumentos, bem como da frequência e intensidade desses desastres em escala mundial, a temática relacionada ao risco como probabilidade da ocorrência de danos ganhou notoriedade e vem sendo, cada vez mais, estudada por diversas áreas da ciência. Esse caráter multidisciplinar dos estudos do risco nasce, sobretudo, porque a temática engloba a sociedade, o ambiente, a economia e a saúde.

Nesse sentido, o papel das ciências que estudam as diversas categorias de risco não

---

[2] Dados obtidos por meio de acesso interno ao Banco de Dados de Mortes por Deslizamentos no Brasil, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo. A criação e o abastecimento dessa base de dados são de autoria do Prof. Dr. Eduardo Soares de Macedo.

está apenas em analisá-las teoricamente e classificá-las, mas também em identificá-las e compreendê-las diante da suscetibilidade dos lugares aos fenômenos naturais que podem se tornar uma ameaça à segurança humana. Com isso, especificamente na geografia, o interesse pelos estudos do risco parte, primeiramente, da percepção e da análise sistêmica, as quais ocorrem por meio da integração dos vieses físicos e humanos da geografia.

Essa integração se torna essencial para a interpretação do risco, dado que este existe na interface entre os humanos e o ambiente. Assim, o papel da geografia física, mais precisamente da geomorfologia, está em identificar as formas de relevo e os locais com alta ou baixa probabilidade de desencadear desastres, sejam eles naturais ou induzidos pela ocupação ou uso humano. Como os desastres não são eventos isolados e se compõem de características complexas conectadas com o sistema social (Crozier *et al.*, 2005), a geografia humana possui o papel da crítica sobre a ocupação, o uso, as relações, os condicionantes e as consequências dessa interação espacial, criando uma geografia física crítica (Alcántara-Ayala e Goudie, 2010; Goudie, 2016).

Posteriormente, o interesse se dá pela dimensão socioespacial e pela representação gráfica. Para isso, recorrem-se às técnicas de mensuração de dados espaciais viabilizadas pela cartografia e ao uso de geotecnologias, as quais favorecem a elaboração dos mapas de suscetibilidade, vulnerabilidade e risco. Esses mapas são importantes documentos cartográficos de suporte e controle, uma base fundamental para a implementação dos projetos e programas voltados à redução dos danos causados por eventos desastrosos (Goerl *et al.*,, 2012). Assim, a existência e a utilização desses produtos podem subsidiar o planejamento urbano, pautar políticas públicas instituídas pelos planos diretores e auxiliar na elaboração ou atualização dos Planos de Contingência e Proteção da Defesa Civil para prevenção ao risco e mitigação de desastres.

Nesse contexto, o intuito da presente pesquisa foi apresentar um estudo de caso e uma proposta metodológica que possibilite identificar, a partir das características do relevo, as áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos em massa. Para isso, tomou-se como área de estudo a cidade de São João del-Rei, em Minas Gerais. Esta, além de carente de estudos relacionados à suscetibilidade e risco em escala urbana

(nível de detalhe), possui um histórico secular de ocorrência de inundações e, de modo mais pontual, de movimentos em massa do tipo deslizamento.

O estudo foi organizado em sete capítulos, os quais são complementares e afins. O Capítulo 1 apresenta o referencial bibliográfico que conduziu à fundamentação teórico-metodológica, visando à compreensão da temática. O Capítulo 2 discorre sobre a caracterização da área de estudo em seus aspectos físicos, socioeconômicos e históricos. A partir disso, o Capítulo 3 apresenta um inventário dos eventos de inundação e movimentos em massa na cidade de São João del-Rei entre 1774 e 2021. Já o Capítulo 4, na sequência histórica do anterior, versa sobre as modificações antrópicas na paisagem fluvial da cidade em questão. Ao passo que o Capítulo 5 faz uma análise das diretrizes de ocupação a partir de planos e políticas de planejamento urbano. O Capítulo 6 apresenta uma proposta metodológica para identificação de áreas suscetíveis à inundação e outra aos movimentos em massa, com ênfase nos deslizamentos, além de identificar e representar as áreas de perigo e o risco diante dos processos supracitados. E, por fim, as conclusões da obra de forma integrada.

Assim, a proposta metodológica em questão parte da hipótese de que: a integração de índices morfométricos, como o Índice de Hack, Densidade de Drenagem e Índice de Concentração de Rugosidade, permite a identificação morfológica da suscetibilidade à inundação e aos movimentos em massa. Isso, associado à presença humana em seus diferentes graus de exposição, possibilita a identificação do risco e pode auxiliar o Poder Público e a Defesa Civil municipal nas tomadas de decisão acerca do planejamento urbano e da gestão de riscos.

CAPÍTULO 1

DEFINIÇÕES E CONCEITOS ASSOCIADOS AO RISCO E AOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO

1.1 Os elementos do risco e o desastre

Ocorre, com frequência, o emprego de terminologias equivocadas a situações ou processos distintos. Dentre esses equívocos, está a utilização do termo "risco" como sinônimo de perigo, suscetibilidade e vulnerabilidade, entre outros. Diante disso, torna-se importante evidenciar, de antemão, que este estudo adota o conceito de risco como probabilidade de um evento, processo ou fenômeno acarretar danos aos indivíduos. Desse modo, segundo Rebelo (2003) e Ferreira e Rossini-Penteado (2011), o risco pode ser expresso conforme a equação abaixo:

$$\text{"Risco = Perigo x Vulnerabilidade"} \quad (1)$$

Em que:

Perigo = atributo social (perigo a alguém) resultante da condição de suscetibilidade + presença humana;

Vulnerabilidade = grau de precariedade diversa do ser humano exposto ao perigo.

Assim, a existência do risco mais a ocorrência de um evento causador/intensificador, neste caso, a chuva, pode desencadear um desastre. Ou seja:

$$\text{Risco} + \text{Evento} \Rightarrow \underset{\text{Implica em}}{\text{Desastre}} \quad (2)$$

Estes termos estarão presentes ao longo desse trabalho e serão evidenciados, principalmente, ao longo do Capítulo 7. Portanto, as discussões acerca da definição das terminologias serão aprofundadas nas subseções seguintes, de modo a individualizar o vocábulo, conceituá-lo e associá-lo aos processos, aos mapeamentos e à gestão.

1.1.1 Perigo

O termo "perigo" e as situações que o envolve são amplamente discutidos e, muitas vezes, polissêmicos, sobretudo quando a busca conceitual relaciona literaturas de diferentes étimos e traduções. Partindo do inglês, perigo pode ser traduzido

como "*danger*" ou "*hazard*", dentre outros vocábulos menos usuais. Enquanto o primeiro é utilizado para indicar ou alertar sobre uma situação de perigo rápida, como algo tóxico e inflamável, o segundo é mais empregado na literatura para se referir aos perigos físicos naturais ou socioambientais.

Tricart (1992) utiliza o termo "*danger*" para se referir ao perigo e critica as definições e traduções anglo-saxônicas que utilizam "*hazard*" como sinônimo de perigo, referindo-se a elas como "não puristas", já que o termo francês "*hasard*" significa "chance" e é modificado para "*hazard*" com significado não claro de perigo, risco, acaso, azar. Para o autor, "*danger*" (perigo) é o fenômeno grosseiro, uma situação que, independentemente da ação humana, pode afetar um ser, uma planta, um animal ou mesmo um objeto. Em síntese, Carvalho (2007) define que "*danger*" corresponde a um processo perigoso, enquanto "*hazard*" é o perigo como uma condição que tenha potencial para causar consequências.

Em relação ao exposto por Tricart (1992), cabem três comentários:

1) Os fenômenos existem independentemente da espécie humana, como, por exemplo, terremotos, inundações, deslizamentos, furacões, estiagens etc. Porém, para que ofereçam perigo, é necessária a presença humana, pois, do contrário, o que se tem é apenas um fenômeno natural não prejudicial (Castro, 2009).
2) Os fenômenos que resultam em perigo não são, em sua totalidade, extrínsecos às ações humanas, podendo ser intensificados ou causados por indução antrópica (Ojeda, 1997), tornando-se um evento de interface sociedade-natureza (Hogan; Marandola Júnior, 2004).
3) A colocação e a crítica em relação à tradução e à utilização dos termos perpassam décadas, sendo tema da discussão de diversos autores e, ainda assim, não se chegou a uma definição comum.

Partindo da Escola Francesa de Tricart para a Norte-Americana, Smith (1992) reconhece que existe uma confusão terminológica e que esta ocorre, também, em outras línguas. Cardozo (2009) reforça que o termo "*hazard*" é traduzido de diversas formas em países que não são de língua inglesa, e que, no Brasil, não diferentemente, é traduzido como "risco" por alguns autores e como "perigo" por outros.

Atualmente, nota-se, também, a utilização do termo "*amenaza*" (ameaça), em vez de "perigo", para se referir ao fenômeno, substância, atividade humana ou

condição perigosa. O emprego da terminologia pode ser encontrado no documento de Estratégia Internacional para Redução de Desastres das Nações Unidas (Estratégia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas [UNISDR], 2009) e, segundo Castro (1998), é uma tendência moderna para se referir à condição de perigo potencial.

Nessa mesma tendência, Veyret (2015) utiliza a terminologia "*aléa*" como equivalente ao inglês "*hazard*". Esse termo, apesar de pouco difundido e presente nas literaturas brasileiras, vem tomando escopo. No entanto, o uso indiscriminado desses termos no meio acadêmico e científico tem causado confusões e equívocos, pois ora são intercambiados, ora uniformizados, não ficando claras as distinções (Castro; Peixoto; Rio, 2005).

Diante disso, para este estudo, adotou-se o conceito exposto por Smith (1992), discutido por Hogan e Marandola Júnior (2004), Cardozo (2009), Faria (2011) e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (BRASIL, 2007b), o qual consiste na tradução de "*hazard*" como perigo. Este corresponde a uma ameaça potencial para os seres humanos e seu bem-estar. A ocorrência dele está associada a um fenômeno de ordem natural ou não, o qual pode causar danos ao ser humano e/ou ao espaço social e coletivo, como perda de vidas, ferimentos, estragos às propriedades, degradação ambiental e interrupção de atividades econômicas. Considerando que o referido fenômeno que promove ou resulta em perigo ocorre sobre um determinado espaço, este recebe o nome de área de perigo, ou seja, é a porção sujeita à ocorrência de processos ou fenômenos de severidade diversa que, quando ocupada de forma indevida, pode gerar danos sociais, econômicos e ambientais (Menezes, 2014).

Assim, o conhecimento dos perigos que afetam determinado lugar, o alcance e os efeitos são fundamentais para o desenvolvimento e a segurança de uma sociedade. A partir da identificação da existência, torna-se necessário planejar o modelo de ocupação a fim de prevenir a ocorrência de desastres. Para isso, os mapas são ferramentas de grande importância e oferecem subsídio inicial para avaliações técnicas (Deyle *et al.*, 1998; Reckziegel, 2012). Por meio deles, torna-se possível representar espacialmente as áreas suscetíveis à ocorrência de determinados processos e que, com a presença humana, tornam-se áreas de perigo.

1.1.2 Suscetibilidade

Diferentemente do perigo, o qual possui relação intrínseca à presença humana em exposição, a suscetibilidade pode ser entendida como o grau de resistência natural do meio diante de um evento ou fenômeno de intensidade variada. É uma característica inerente ao meio físico e não considera as relações sociais nele presentes. Todavia, a forma na qual a relação humana é estabelecida no espaço, o tipo de uso e o padrão de ocupação da terra podem intensificar essa predisposição do meio a processos que, naturalmente, ocorreriam de forma mais lenta e menos desastrosa.

O termo "suscetibilidade" é comumente e erroneamente usado como sinônimo de vulnerabilidade e risco. Isso ocorre, na maioria das vezes, ao relacionar ou descrever processos geomorfológicos e hidrológicos, como os movimentos em massa e as inundações. No entanto, há de se reforçar que a suscetibilidade se refere à condição natural de um terreno ou estrutura que, exposto a uma situação ou evento, torna-se passível de romper com a normalidade e/ou a estabilidade física.

Segundo Alheiros *et al.* (2003), a suscetibilidade está relacionada à característica própria do meio e indica a fragilidade do ambiente frente aos processos naturais, considerando sua estrutura litológica, formato, posição, textura e outros. É vista como a predisposição à ocorrência de fenômenos naturais, podendo ser sintetizada como a propensão dos terrenos ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo do meio físico (Sobreira; Souza, 2012). É a possibilidade de que um determinado fenômeno espacial ocorra devido a fatores condicionantes do terreno, independentemente do período de recorrência (Zêzere, 2004).

Do mesmo modo, e no âmbito das geociências, Bitar (2014) considera a suscetibilidade como uma predisposição ou propensão ao desenvolvimento de um fenômeno ou processo no meio físico, ou seja, a possibilidade de ocorrência de um evento em um dado lugar (Santos, K., 2012), expressando-se segundo classes de probabilidade ou níveis de ocorrência (Brasil, 2007b). Logo, entende-se que:

> *"A suscetibilidade é o quão provável um determinado fenômeno pode ocorrer independente dos fatores sociais, mas tendo a sociedade como elemento de interferência que acelera ou retarda. Dentro dessa*

> *perspectiva, o semiárido é suscetível às secas,* às *planícies de inundação,* às *inundações e* às *áreas de elevação topográfica aos movimentos em massa. A ação humana atua como ferramenta de modificação da dinâmica natural, acelerando-a ou retardando-a"* (Girão *et al*., 2018, p. 73).

A representação espacial das suscetibilidades de um dado lugar, assim como as áreas de perigo discutidas anteriormente, tem sua representação espacial a partir de mapas que indicam o quão próximo o terreno se encontra do limiar de instabilidade (Tominaga, 2007). Esses mapeamentos são importantes alternativas à cultura forense existente no Brasil, a qual é baseada na remediação e na improvidência. Assim, sobretudo por indicarem previamente áreas que demandam maior grau de atenção e predisposição de desestabilização do sistema (Riffel, 2012), os mapeamentos são ferramentas fundamentais na determinação das suscetibilidades do ambiente (Benatti, 2003; Periçato, 2018) e primárias aos planos de prevenção e planejamento.

1.1.3 Vulnerabilidade

A vulnerabilidade difere da suscetibilidade por se tratar de uma característica relacionada ao ser humano e ao grau de fragilidade deste diante de determinadas exposições. O termo é interdisciplinar e aplicável a diferentes campos temáticos, sendo associado erroneamente à suscetibilidade. Desse modo, é, muitas vezes, tratado como adjetivo ou característica da estrutura ou do lugar onde o sujeito passa a estar ambientalizado (Hogan; Marandola Júnior, 2006).

Muito utilizado na área da saúde, etimologicamente, o vocábulo "vulnerável" se refere à ferida ou a dano físico, emocional ou social, remetendo, metaforicamente, ao significado de magoar, ofender, ferir sentimentos ou moral. Na área jurídica, a vulnerabilidade remete à deterioração dos direitos civis, à perda de garantias adquiridas e à fragilização da cidadania (Sevalho, 2017). Segundo Czeresnia e Oviedo (2015), o estudo do termo como categoria política social ganhou foco no final da década de 1970, com as crises mundiais, a precarização do trabalho e mobilidade e o enfrentamento individual das contingências. Desse modo, inseguridade aparece como uma dimensão consubstancial à coexistência dos indivíduos na sociedade atual.

Em termos gerais, e num escopo socioambiental, a vulnerabilidade envolve um conjunto de fatores que podem oferecer maior ou menor risco ao ser humano diante de uma situação de perigo, como enchentes, deslizamentos, doenças, despesas inesperadas, desemprego, marginalização econômica/social e outras (Esteves, 2011).

A vulnerabilidade não é um estado de ser que surge em resposta a um desastre, ela o precede e indica uma predisposição aos danos (Cardona, 2004). Segundo Furedi (2007), o termo "vulnerabilidade" emergiu nos meios de comunicação para retratar quadros e problemas sociais, funcionando como uma forma de linguagem retórica que situa as pessoas e a experiência delas no contexto de impotência e falta de assistência. Furedi (2007) salienta que o termo não se origina das experiências reais e das adversidades que as comunidades enfrentam, mas é um termo de descrição ou uma forma de diagnóstico adotado por profissionais para caracterizar grupos expostos ao risco. A condição de vulnerabilidade não deve ser entendida como sinônimo de risco, pois são categorias diferentes. O risco implica a exposição ao perigo, já a vulnerabilidade mensura a capacidade de enfrentamento e combate ao perigo, ou seja, a capacidade do sujeito em não sofrer uma potencial perda do bem-estar (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento [PNUD], 2007). Sendo um grau de exposição de um grupo ou comunidade ao longo do tempo, a vulnerabilidade compromete aspectos físicos, ambientais, técnicos, psicológicos, políticos e socioeconômicos (UNISDR, 2009; Veyret, 2015). A existência dela está relacionada a falhas governamentais resultantes de má gestão ambiental e carência de planejamento, principalmente no meio urbano (Santos, 2015).

Deschamps (2004) considera que, no meio científico, a temática da vulnerabilidade vem sendo moldada e utilizada de forma interdisciplinar, obtendo enfoque em múltiplos aspectos e ciências. Na economia, ela se refere aos choques econômicos, crises e integrações. Já na geografia, está atrelada à probabilidade de eventos geográficos, sejam eles climáticos ou geomorfológicos, atingirem negativamente esferas populacionais.

Nesse contexto, principalmente a partir do final do século XX, a vulnerabilidade ganhou um escopo social diretamente atrelado à pobreza e a um complexo de desigualdades sociais e demográficas que se refletem no espaço geográfico (Deschamps, 2004). É nesse sentido que Souza e Zanella (2010) consideram que

pessoas vulneráveis são aquelas que se encontram em condições sociais, econômicas, políticas, culturais, educacionais e de saúde precárias e desiguais. A existência de pessoas nessas condições precárias, o que indica alta vulnerabilidade, em áreas suscetíveis à ocorrência de fenômenos naturais, torna-se condição propícia para que estes se tornem catastróficos (Gonçalves, 1992). Portanto, a vulnerabilidade vem sendo utilizada, também, para caracterizar grupos sociais que são mais afetados por algum *stress* ambiental (Confalonieri, 2015), visto que é um fator relevante na configuração da distribuição espacial das situações de pobreza e privação social (Alves, 2006).

Nota-se, a partir dessas conceituações, que o termo "vulnerabilidade" envolve uma gama de fenômenos de natureza multidimensional e multifacetada. Diante da polifonia atribuída ao uso e presente nos discursos relacionados ao tema, reforça-se a necessidade de uma precisão conceitual, o que já tem sido evocado por diversos autores e favoreceria a discussão da temática no campo interdisciplinar (Hogan; Marandola Júnior, 2009).

1.1.4 Risco: etimologia e conceituação

O risco pode ser considerado como a probabilidade de ocorrência de desastre, ou seja, ele existe a partir da junção das condições de suscetibilidade e vulnerabilidade. Assim, há um risco em estar/habitar um determinado espaço suscetível à ocorrência de um fenômeno que oferece perigo. Esse risco é maior quando, além de habitar/estar, o sujeito possui condições socioeconômicas e culturais que aumentam o grau de exposição, ou seja, a vulnerabilidade. Tal sequência tende a desencadear um desastre.

O primeiro registro da palavra "risco" data do século XIV, oriundo do castelhano "*riesgo*", que etimologicamente tem origem do latim "*resecum*", "o que corta", não tendo ainda relação com o perigo potencial (Gamba; Santos, 2006). Ao longo dos séculos, a palavra passou por mudanças de significados, tornando-se, até mesmo, um vocábulo militar e literário para fazer referência ao perigo que os cavaleiros e heróis estavam expostos (Mendes, 2015).

Nos séculos XVI e XVII, a expressão começou a ser utilizada para descrever situações de insegurança e perigo que poderiam comprometer as grandes viagens marítimas, sendo a possibilidade de um perigo objetivo, um ato divino, uma força maior ou uma tempestade. Não era imputada a uma conduta humana errônea, pois o homem pouco mais podia fazer do que tentar estimar a ocorrência de acontecimentos e atuar no sentido de reduzir impacto (Mendes, 2002).

A utilização do substantivo "risco" cresceu exponencialmente no século XX, assim como o adjetivo "arriscado" e o verbo "arriscar". Assume-se, assim, uma polissemia quase infindável, originando diversos usos e aplicações do conhecimento técnico-científico da modernidade, tangendo ciências naturais, biológicas, sociais, setores administrativos e políticos (Mendes, 2015).

Atualmente, o termo "risco" se faz cada vez mais presente nos diversos ramos das ciências e no vocabulário dos pesquisadores. Com isso, adquiriu significativa envergadura no ramo das ciências sociais (Hogan; Marandola Júnior, 2004), sobretudo quando analisamos a incerteza, a insegurança e o medo que invade a sociedade contemporânea, trazendo a sensação de impotência perante o que é conhecido e desconhecido (Hogan; Marandola Júnior, 2004). O risco assume, então, a condição de exposição real e de valor humano a um perigo. Ele é, frequentemente, medido como o produto de probabilidade de perda esperada para uma área habitada e com presença iminente de um perigo (Kobiyama *et al.*, 2006; Smith, 1992).

Nesse sentido, Freitas e Lombardo (2013) preconizam que o conceito de risco está associado à possibilidade de que ocorra uma situação que cause perdas e danos sociais, econômicos ou ambientais. Essa situação pode ser um desastre, um acidente, um fenômeno social ou natural, como uma guerra ou estiagem, por exemplo. De modo mais filosófico, Hogan e Marandola Júnior (2004) veem o risco como o inconveniente de uma aposta, a probabilidade de uma aposta ter uma consequência involuntária ou voluntária, evitável ou inevitável, controlável ou incontrolável. Direcionando a conceituação para as ciências geográficas, Carpi Júnior e Dagnino (2007) consideram que o termo faz referência a situações ou áreas em que existe probabilidade, susceptibilidade, vulnerabilidade, acaso ou azar de ocorrer algum tipo de ameaça, perigo, problema, impacto ou desastre. Souza e Zanella (2010),

também no campo das geociências, tratam o risco como produto da probabilidade de ocorrência de um fenômeno natural indutor de acidentes e consequências sobre uma dada comunidade.

Entretanto, a existência do risco é algo intrínseco à repercussão das atividades humanas, de forma que uma planície inundável ou uma encosta passam a constituir um risco quando o ser humano estabelece nelas suas atividades. Dessa forma, o risco não é natural, ele resulta da interação entre natureza, sociedade e indivíduo (Moraes, 1998), estando, com isso, condicionado à percepção do perigo e possuindo relação social, pois, não havendo ameaça ao ser social, não se pode dizer que há algo ou alguém em risco (Ielo, 2015). Assim, o risco é uma construção social complexa, influenciada por fatores numerosos e origem diversa, o que determina diferentes tipologias, como riscos naturais, tecnológicos e industriais, sociais e ambientais (Veyret, 2015), além dos econômicos e geopolíticos, os quais têm um viés aplicado a outras áreas.

1.1.4.1 Tipologias de riscos

Segundo Beck (2006), a sociedade moderna tornou-se uma "sociedade de risco", no sentido de que está cada vez mais ocupada em debater, prevenir e gerir os riscos que ela própria produziu. Esses riscos, de acordo com suas características intrínsecas, receberam e recebem diferentes nomenclaturas e são diversos. No entanto, os que se inserem no arcabouço geográfico são aqueles cuja gestão e percepções possuem relação e/ou dimensão espacial (Veyret, 2015). A literatura lusitana classifica o risco em três taxonomias: riscos naturais, riscos antrópicos e riscos mistos.

Segundo Lourenço (2006) e Mendes (2015), os naturais são aqueles em que o fenômeno se origina de processos que fazem parte da dinâmica da própria natureza. Eles podem ser condicionados por forças endógenas, como os riscos geotectônicos, ou exógenos, como os climáticos, hidrológicos, geomorfológicos e biológicos. Os riscos antrópicos podem ser subdivididos em biofísicos, sociais e tecnológicos. O primeiro, por possuir uma origem biológica, só constitui risco quando passível de transmissão (Lourenço, 2006), como, por exemplo, a covid-19. Os riscos sociais, como o nome

diz, referem-se à perda de pessoas, direitos sociais, políticos, econômicos, de estruturas familiares e outros. Os tecnológicos estão relacionados a normas e condições de trabalho, segurança, princípios de produção, manuseio, transporte e armazenamento de produtos ou tecnologias (Lourenço, 2006). Já os riscos mistos, também chamados de riscos combinados, ancoram condições naturais e ação antrópica.

Veyret (2015), sob a concepção francesa dos riscos, caracteriza-os como uma construção social e os divide em: naturais, tecnológicos, sociais e ambientais. Nesse entendimento, os naturais podem ser também agravados ou provocados pelo homem, como na promoção de queimadas e poluição. Os riscos sociais se associam à segurança social, alimentar, criminalidade, terrorismo, violência, saúde, insuficiência, moral, pobreza e desigualdades. Já os tecnológicos têm relação com a indústria e são subdivididos em menores e maiores. O primeiro está associado à degradação do meio e tem efeitos induzidos ou suportáveis, enquanto o segundo está relacionado às atividades de armazenamento e transporte de materiais tóxicos, explosões, vazamentos e incêndios (Veyret, 2015).

A definição das tipologias de risco é dada em função dos processos e tipos de perigos que eles oferecem. Porém, diferentes fatores de risco interagem uns com os outros, de modo que alguns tipos de risco podem pertencer simultaneamente a duas ou mais categorias (Veyret, 2015). É a partir dessa concepção que os riscos ambientais são definidos como resultado de um complexo de aspectos e interações entre ser humano e natureza sobre um determinado espaço (Moraes, 1998; Veyret, 2015) (fig. 1).

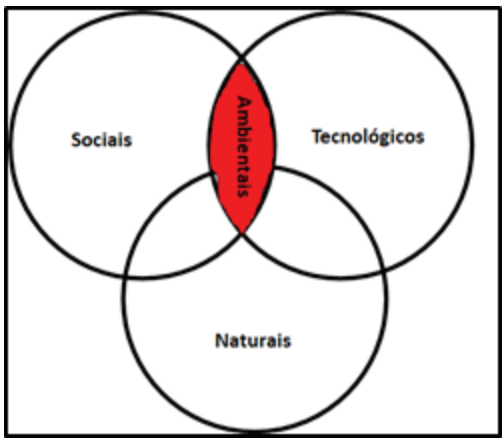


Fig. 1 - Exemplo de risco ambiental (Fonte: Ferreira, 2023).

Segundo Carpi Júnior e Dagnino (2007), a utilização desse termo possibilita o entendimento de que as situações de risco não estão desvinculadas do entorno, ou seja, do ambiente em seu sentido amplo. Além disso, o risco ambiental abriga os demais (natural, social, tecnológico), não deixando que eles sejam esquecidos ou menosprezados no entendimento.

Por apresentar significado e utilização amplos, os riscos ambientais vêm sendo cada vez mais estudados por diversas áreas e autores, obtendo escopo multidisciplinar, dado que pode englobar o meio social, o ambiente, a saúde e, consequentemente, a economia. Nas ciências geográficas, o risco ambiental pode ser considerado uma importante via de investigação, pois pode abarcar o rebatimento espacial de processos danosos, bem como as diferentes escalas de ocorrência. Além disso, pode ser um termo essencial na compreensão da configuração e da organização espacial, dos conflitos e dos graus de exposição (Castro; Peixoto; Rio, 2005).

Desse modo, na geografia, o risco ambiental está diretamente ligado à probabilidade de a população ser afetada negativamente por processos ou fenômenos capazes de ocasionar desastres, como, por exemplo, inundações, movimentos em massa e outros (Souza; Zanella, 2010). Segundo Almeida (2010) e Cavalcante (2013), no meio urbano, os riscos ambientais podem ser considerados uma condição potencial de ocorrência de um acidente ou desastre. Nesses espaços, a existência do risco se estrutura ao longo do tempo, devido à somatória de diferentes ações e vinculada ao modo de vida moderno (Castro; Peixoto; Rio, 2005). Quando esse risco se concretiza, ou seja, a ameaça preexistente acarreta danos ou perdas à população, configura-se o desastre.

Diante disso, toma-se, neste estudo, os riscos ambientais como a tipologia mais pertinente para compor a categoria de análise, por apresentar a relação entre ser humano e natureza. De forma sequencial, associado à compreensão da linha tênue que separa o risco do desastre, a seção a seguir discorre sobre essa segunda terminologia, de modo a conceituá-la.

1.1.5 Desastres

A palavra desastre vem do latim *dis* (mau, contrário) + *astrum* (astro) e significa uma desgraça ocasionada por um astro (Desastre..., s.d.). O tema não faz parte de uma discussão recente, pois o interesse humano por essas manifestações acompanha a própria história da humanidade e é descrito em uma variedade de mitos e lendas (Almeida, 2015). Porém, os desastres ainda são recorrentes, com definições inconsolidadas e, na visão popular, fisicalistas.

O paradigma fisicalista considera o desastre como um evento impactante por si só, como um desastre natural. Ou seja, é uma ocorrência totalmente física em que a natureza recebe a culpa e o ser humano é componente secundário, dependente e vítima (Carvalho, 2018; Monteiro, 2016). Segundo Sulaiman (2014, p. 20), "os desastres foram historicamente interpretados como resultado de forças estranhas, incontroláveis, que golpeavam o homem como um castigo, ora de origem divina, ora da atuação maléfica da natureza". Mas, nas últimas décadas, esse paradigma fisicalista deu abertura a uma visão mais integrada da temática (Monteiro, 2016), a qual insere o meio social na análise. Com isso, entende-se que, tal como o perigo, um desastre é algo intrínseco à presença humana.

Assim, desastre é um substantivo resultante da ação humana de estar em um lugar que tem seu grau de resistência saturado, fazendo com que o evento ou fenômeno atinja a integridade do sujeito ou materialidades ali presentes. Desse modo, os desastres não ocorrem em um contexto de paisagens remotas, livre de pegadas humanas (Valêncio, 2014); pelo contrário, a presença de um meio social é característica inerente ao desastre, sendo este definido como:

> "[...] *acontecimentos ruins, que mesclam aspectos sociais – objetivos, subjetivos e simbólicos – na vida de pessoas e nos seus lugares (de moradia, de trabalho, de circulação), o que confere às mesmas a autoridade de dizer privilegiadamente o que foi que se passou com elas"* (Valêncio, 2014, p. 33).

Nesse sentido, o desastre é a união entre um evento natural e a vulnerabilidade humana em um mesmo espaço, de modo que a capacidade da sociedade em lidar

com o fenômeno influencia diretamente na extensão e na gravidade dele. São eventos excepcionais que interrompem o desenvolvimento humano normal e demandam ações humanitárias para mitigar a perda. Além disso, estão fortemente ligados aos processos de desenvolvimento humano, sobretudo às escolhas de desenvolvimento (United Nations Development Programme [UNDP], 2004)

Segundo o Glossário de Defesa Civil (Castro, 1998), um desastre é o resultado de eventos adversos, sejam eles naturais ou provocados pelo ser humano. A ocorrência dele se dá sobre um ecossistema, acarretando danos e prejuízos sociais, ambientais e econômicos. Esses prejuízos e danos são o termômetro de intensidade dos desastres, estando diretamente relacionados à interação entre a magnitude do evento e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor afetado. Esses graus de magnitude, bem como origem e evolução, condicionam classificações ao desastre (Castro, 1998), conforme representado no Quadro I.

Desse modo, não se deve confundir desastre com catástrofe, pois uma catástrofe possui dimensões humanas, financeiras e ecológicas muito superiores às de um desastre (Almeida; Pascoalino, 2009). O termo tem um sentido de divisão, ruptura, fechamento de ciclo, abarcando eventos do tipo terremotos, erupções ou ciclones. Todavia, só são considerados desastres se afetarem um assentamento humano (Cruz *et al.*, 2003).

Historicamente, esses processos naturais já ocasionaram grandes desastres em várias partes do mundo e do Brasil (Carvalho, 2018). Atualmente, a frequência dessas tragédias vem aumentando devido ao mau gerenciamento das bacias hidrográficas e à urbanização desordenada (Kobiyama *et al.*, 2006). Segundo Mello, Papali e Zanetti (2014), no Brasil, 84% dos registros de desastres ocorreram após a década de 1970, mostrando-se cada vez mais intensos e frequentes, principalmente os decorrentes de inundações, enxurradas e deslizamento de encostas (Bertone; Marinho, 2013).

Observa-se que esse período em que houve aumento e concentração corresponde, justamente, ao momento em que o crescimento urbano brasileiro disparou e a população passou a se concentrar majoritariamente nas cidades. Esse processo de urbanização rápido e desordenado se mostrou desprovido de planejamento e palco de disparidades socioeconômicas. A junção desses fatores intensificou a

QUADRO I - Classificação do grau dos desastres segundo o Glossário da Defesa Civil.

INTENSIDADE	**Nível I**	Danos e prejuízos pequenos e facilmente superáveis pelas comunidades afetadas, de modo com que a situação de normalidade é facilmente restabelecida com os recursos existentes e disponíveis na área (município) afetada, sem necessidade de grandes mobilizações.
	Nível II	Danos causados são de alguma importância e os prejuízos, embora não sejam vultosos, são significativos. Apesar disso, esses desastres são suportáveis e superáveis por comunidades bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis. A situação de normalidade pode ser restabelecida com os recursos existentes e disponíveis na área (município) afetada, desde que sejam racionalmente mobilizados e judiciosamente utilizados.
	Nível III	Danos significativos e prejuízos vultosos. Todavia, esses desastres são suportáveis e superáveis por comunidades bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis. A situação de normalidade pode ser restabelecida, desde que os recursos mobilizados na área (município) afetada sejam reforçados com o aporte de recursos estaduais e federais já disponíveis.
	Nível IV	Desastres de grande porte, caracterizados por danos e prejuízos vultosos e consideráveis. Esses desastres não são superáveis e suportáveis pelas comunidades, mesmo quando bem-informadas, preparadas, participativas e facilmente mobilizáveis, a menos que recebam ajuda de fora da área afetada. O restabelecimento da situação de normalidade depende da mobilização e da ação coordenada dos três níveis do Sistema Nacional de Defesa Civil (SINDEC) e, em alguns casos, de ajuda internacional.
EVOLUÇÃO	**Súbito ou de evolução aguda**	São súbitos, possuem velocidade no processo de evolução e, normalmente, são marcados pela violência dos eventos adversos causadores dos mesmos. Podem ocorrer de forma inesperada e surpreendente ou ter características cíclicas e sazonais, sendo facilmente previsíveis.
	Gradual ou de evolução crônica	São desastres insidiosos, evoluem por etapas de agravamento progressivo. Um exemplo no Brasil é a seca, pois apresenta essa característica de agravamento progressivo.
	Somação de efeitos	Caracterizam-se pela soma de numerosos acidentes semelhantes, cujos danos, quando somados ao término de um determinado período, definem um desastre muito importante. No Brasil, os estudos epidemiológicos demonstram que os desastres por somação de efeitos parciais são os que provocam os maiores danos anuais. Exemplo destes são: os acidentes de trânsito; os acidentes de trabalho; os acidentes com crianças no ambiente domiciliar e peridomiciliar.
ORIGEM	**Natural**	Provocados por fenômenos e desequilíbrios da natureza e produzidos por fatores de origem externa que atuam independentemente da ação humana.
	Humana	Provocados por ações ou omissões humanas. Relacionam-se com o próprio homem, enquanto agente e autor. Por isso, são produzidos por fatores de origem interna.
	Mista	Ocorrem quando as ações ou omissões humanas contribuem para intensificar, complicar e/ou agravar desastres naturais. Caracterizam-se, também, por intercorrências de fenômenos adversos naturais que atuam sobre condições ambientais degradadas pelo homem, provocando desastres.

Fonte: Castro 1998, p. 53.

problemática das águas urbanas devido à excessiva impermeabilização do solo e à ocupação de áreas passíveis de ocorrência de deslizamentos de encostas, inundações e, também, alagamentos causados por insuficiência estrutural e falta de manutenção do sistema de drenagem.

Nota-se que, recorrentemente, esses termos são utilizados de maneira equivocada para designar processos distintos. Isso ocorre, sobretudo, por parte da mídia, a qual, geralmente, utiliza os termos "inundação", "enchente" e "alagamento" como sinônimos. Diante da dificuldade em compreender as particularidades de cada um desses processos, a seção a seguir apresenta a definição de enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, relacionando-a à impermeabilização e à infraestrutura urbana. Posteriormente, distingue-se os diferentes processos que englobam as denominadas movimentações em massa, enfatizando os deslizamentos.

1.2 Enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos em áreas urbanasS

"Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento "(Assad, 2013, p. 6).

A urbanização é considerada a maior responsável pela alteração da superfície e, consequentemente, pela mudança da dinâmica das águas nas cidades (Targa *et al.*, 2012). A retirada da vegetação, seguida da compactação e da impermeabilização do solo, diminui a capacidade de infiltração e aumenta o coeficiente de escoamento superficial. Com isso, as águas se concentram rapidamente nos talvegues e rios, dando origem aos fenômenos hidrológicos de enchentes e inundações (Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Comumente esses dois termos são utilizados como sinônimos, mas eles diferem entre si quanto à fenomenologia. A enchente se refere ao aumento da vazão do rio por um determinado tempo. Entretanto, quando a vazão supera a capacidade de descarga do canal fluvial, indo extravasar para as áreas marginais (várzea e planície aluvial), ocorre a inundação (Herrmann, 2005) (fig. 2).

Bertoni e Tucci (2003) reiteram que esses fenômenos, quando oriundos do processo de impermeabilização do solo e da estrutura da cidade, são denominados

Fig. 2 - Perfil esquemático do processo de enchente e inundação.
(Fonte: Dowell e Lico, 2015, p. 165).

de enchente e inundação urbanas. A primeira pode ocorrer isoladamente ou em conjunto à enchente ribeirinha, que, por si só, é natural. Ambas podem causar impactos negativos ao ser humano quando este ocupa a margem dos rios, e, além disso, os dois tipos de enchentes podem evoluir para uma inundação. Quando ocorre em áreas urbanas, a inundação pode estar relacionada e ser intensificada, também, por estrangulamentos, obstruções dos canais e efeito remanso da macrodrenagem e/ou do rio principal. Além da impermeabilização do solo, outros fatores também são agravantes dos processos hidrológicos, como: aterros e pontes, drenagens inadequadas, obstruções ao escoamento junto a condutos e, principalmente, retificações, canalizações e assoreamento (Bertoni; Tucci, 2003).

A retificação e a canalização suprimem os antigos meandros e rugosidades do canal. As várzeas, sazonalmente sujeitas à inundação, são ampliadas e dão lugar, principalmente, aos sistemas viários (as denominadas marginais) que, posteriormente, tornam-se atrativos para a instalação de aglomerados populacionais. A infraestrutura, ou canal artificial, provoca a aceleração do escoamento, aumento dos picos de vazão e, consequentemente, aumento da frequência e do potencial das inundações (Canholi, 2014).

Já o assoreamento reduz a profundidade e o potencial de transporte do canal fluvial (natural ou artificial), o que dificulta o escoamento das águas. O processo

está diretamente relacionado à erosão a montante, que é intensificada a partir da urbanização periférica. O descarte de resíduos sólidos, como lixo, entulho e rejeitos de construção civil, também contribui para o assoreamento da calha do rio e causa obstruções (Santos, A., 2012). Como síntese, Amaral, Santoro e Tominaga (2012) dividem os condicionantes desses processos hidrológicos em dois tipos, naturais e antrópicos, conforme o Quadro II.

QUADRO II - Condicionantes naturais e antrópicos que propiciam a ocorrência das enchentes, alagamentos e inundações.

NATURAIS	ANTRÓPICOS
Características da rede de drenagem e da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e teor de umidade.	Uso e ocupação irregular nas planícies margens de rios; lixo e entulho nas proximidades do curso do rio; alteração das características naturais do canal; erosão e assoreamento dos canais.

Fonte: Adaptada de Amaral, Santoro e Tominaga (2012, p. 45).

Conforme o Quadro II, naturalmente, algumas bacias hidrográficas têm predisposição ao acúmulo de fluxos, o que vai depender, basicamente, da forma que ela possui, do relevo em que está inserida, da sinuosidade do canal e da densidade de drenagem. Porém, quando se trata das inundações urbanas, ou águas urbanas, os fatores antrópicos se destacam como os principais responsáveis pela rápida concentração de água nos canais. Esses canais, por sua vez, não suportam o volume e transbordam, causando desastres e configurando áreas de risco quando há, em seu entorno, vidas e infraestruturas humanas. Não diferentemente, as enxurradas e os alagamentos também podem causar transtornos, prejuízos e vítimas. No entanto, esses processos diferem entre si e entre as inundações e as enchentes.

As enxurradas resultam do escoamento superficial concentrado e enérgico. Elas possuem relação direta com o processo de compactação e impermeabilização do solo, podendo, ou não, estar associadas às áreas de domínio dos processos fluviais (Dowell; Licco, 2015), ou seja, as enxurradas são fluxos de água decorrentes de eventos chuvosos e independentes da existência de um rio. Nas áreas urbanas, elas têm início, sobretudo, nos telhados e demais superfícies impermeáveis ou de baixa permeabilidade.

Em ambientes naturais, dotados de superfície vegetal, as enxurradas também ocorrem, mas em menor volume e intensidade. Nessas áreas, a parcela que não infiltra e percola no solo se transforma em escoamento superficial. A partir disso, o fluxo pode ser drenado para um canal fluvial ou se concentrar em superfícies deprimidas do terreno, formando áreas alagadas ou várzeas.

Já em ambiente urbano, essa dinâmica sofre alteração. Nesses espaços, o escoamento superficial predomina em relação à infiltração. Assim, há formação de enxurradas que escoam por vias e, posteriormente, deveriam ser destinadas ao sistema de drenagem artificial, implantado para conduzir as águas pluviais urbanas. Entretanto, a inexistência ou deficiência desse sistema faz com que as águas pluviais urbanas se acumulem em áreas deprimidas, como superfícies abauladas e de baixa declividade. Esse acúmulo de enxurradas em áreas que, naturalmente ou antropicamente, possuem baixa capacidade de vazão, formam represamentos, os quais são denominados alagamentos. Conforme Miguez, Rezende e Veról (2016), em ambiente urbano, os dois processos (enxurrada e alagamento) estão associados à falha do sistema de drenagem e causam impactos negativos mais pontuais, quando comparados às inundações, no entanto, possuem grande poder de destruição.

Não raramente, as enxurradas e os alagamentos se somam às inundações ribeirinhas, ou seja, ocorrem simultaneamente. Nesse processo, a obstrução do sistema de drenagem pelo aumento do volume dos rios impede a descarga do escoamento pluvial, o que retém o fluxo e gera alagamentos urbanos por falha na captação das águas superficiais (Miguez; Rezende; Veról, 2013). Logo, entende-se que a impermeabilização do solo urbano e a implementação de estruturas obstrutoras e um sistema de drenagem ineficiente são grandes condicionantes dos problemas relacionados às águas urbanas. Diante disso, a subseção a seguir discorre sobre a rede de drenagem urbana em sua concepção histórica-estrutural, pois, no caso da área de estudo desta pesquisa (São João del-Rei), a insuficiência desse sistema intensifica os processos de inundação, enchentes, enxurradas e alagamentos urbanos.

1.2.1 Sistema de drenagem

O termo "drenagem" vem do germânico "*draug*" (tornar seco), alterado pelo francês "*drainer*", que significa "fazer escoar líquido" (Callegaro, 2014). A palavra é utilizada para designar os canais de escoamento de água, sejam eles naturais ou artificiais, na malha urbana, na zona rural ou em rodovias, visando atenuação dos riscos e dos prejuízos decorrentes de inundações (Cardoso Neto, 2009).

Segundo Cardoso Neto (2009), o caminho percorrido pela água da chuva sobre uma superfície pode ser topograficamente bem definido ou não. No entanto, após a implantação de uma cidade, o percurso das águas pluviais passa a ser determinado de acordo com o traçado das ruas. Com isso, o comportamento é alterado quantitativamente e qualitativamente, passando a percorrer, quando existem, as sarjetas e as tubulações do chamado sistema de microdrenagem. Na sequência, são conduzidas para os sistemas de macrodrenagem situados nos fundos de vale, os quais, na maioria das vezes, são os próprios rios urbanos.

De acordo com Lima *et al.* (2013, p. 5), a finalidade dos sistemas de drenagem é "recolher, transportar e rejeitar nos meios receptores, em condições apropriadas, as águas residuais domésticas, comerciais, industriais e pluviais". No entanto, no decorrer da história, o sistema e o modo de lidar com essas águas residuais nem sempre foram os mesmos. Os primeiros sistemas de drenagem, na Idade Antiga, seguiam técnicas para o escoamento cloacal "*tout*-à-*la*-*rue*", na qual todos os resíduos e dejetos eram lançados em áreas abertas e corpos hídricos (Cruz; Souza; Tucci, 2012).

Alguns séculos depois, técnicas de cunho sanitarista-higienista buscaram evacuar o mais rapidamente possível as águas pluviais e servidas por meio da impermeabilização de condutos artificiais, após identificarem relação com vetores de doenças. Assim, no final do século XIX, o engenheiro Saturnino de Brito revolucionou o sistema higienista no Brasil a partir da proposta de redes de condutos separados para águas pluviais e cloacais, mas infelizmente a proposta não vigorou significativamente (Cruz; Souza; Tucci, 2012), sendo grande o número de municípios que ainda se utilizam do sistema unitário e ultrapassado, o que provoca alterações no ciclo hidrológico, aceleração e

ampliação do pico de descarga superficial e sobrecarrega à macrodrenagem, transferindo mais rapidamente os fluxos hídricos para a jusante (Goldenfum; Gonçalves; Souza, 2007).

Segundo Lourenço (2014), a partir da última década do século XX, embasadas nos preceitos de sustentabilidade, novas técnicas de drenagem foram desenvolvidas por países como Austrália, Reino Unido e Estados Unidos. O intuito dessas técnicas é atenuar o escoamento e vazão por pavimentos permeáveis, coberturas verdes, bacias de retenção, entre outros. Essas técnicas vêm recebendo diferentes nomes, como: Sistemas Urbanos de Drenagens Sustentáveis (SUDS), em Portugal; Sustainable Urban Drainage Systems, no Reino Unido; Low Impact Development (LID), nos Estados Unidos; Best Management Practices (BMP), no Canadá; e Water Sensitive Urban Design (WSUD), na Austrália (Lourenço, 2014). Mas, independentemente da terminologia, são técnicas majoritariamente não estruturais que buscam minimizar os efeitos da ação antrópica na paisagem, preservar a vegetação e o solo, diminuir o escoamento superficial e os riscos de inundação, dentre outros (Cruz; Souza; Tucci, 2012).

No Brasil, a adoção dessas técnicas ainda é pequena, e, nesse sentido, em 2007, o Ministério das Cidades apresentou, para o Programa de Drenagem Sustentável, um conjunto de propostas de intervenções estruturais e não estruturais direcionadas à redução das inundações e à melhoria das condições de segurança sanitária, patrimonial e ambiental dos municípios. Dentre elas, destacam-se obras de amortecimento de cheias, adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento, sistemas de drenagem por infiltração, implantação de parques lineares, recuperação de várzea, renaturalização de cursos d'água e obras de microdrenagem, sarjetas e canaletas (Brasil, 2012a). Todavia, em 2019, o Ministério das Cidades foi fundido ao Ministério de Integração Nacional, tornando-se o Ministério do Desenvolvimento Regional, e temas como reforma urbana, drenagem, saneamento básico, riscos ambientais e meio ambiente se distanciaram das pautas de governo.

Assim, no Brasil, ainda que precário e não planejado, com vista ao crescimento das cidades, predomina o sistema estrutural de microdrenagem, composto por meios-fios, sarjetas, bocas de lobo (ou bueiros), poços de visita, galerias, condutos forçados, estações de bombeamento e sarjetões (Quadro III).

QUADRO III - Elementos que compõem a drenagem urbana.

ELEMENTO	FUNÇÃO E CARACTERÍSTICAS
Meio-fio Fonte: Meio-fio (2019).	Situado entre a via pública e o passeio, com a face superior nivelada com o passeio, formando uma faixa paralela ao eixo da via pública (Cardoso Neto, 2009). A altura do meio fio deve ser de aproximadamente 15 cm em relação ao nível superior da sarjeta, algo inferior a isso diminui os benefícios da capacidade de condução das águas pluviais nas ruas (Lamb, 2014).
Sarjeta Fonte: Nunes (2016).	Dispositivo normalmente integrado ao meio-fio, formando uma calha que permite a entrada e condução de água para os sumidouros (bocas de lobo) (Lourenço, 2014). A capacidade de descarga das sarjetas depende de sua declividade, rugosidade e forma. A via pública deve possuir uma inclinação/abaulamento de 3% para que as águas não empossem e sejam direcionadas para as sarjetas. Estas devem ter a dimensão calculada de modo com que a altura da água em seu conduto não ultrapasse os 15 cm (Cardoso Neto, 2009).
Boca de lobo Fonte: Adaptada de Tucci (1993, p. 832).	Dispositivo de captação das águas das sarjetas. A localização dessas estruturas deve respeitar o critério de eficiência na condução das vazões superficiais, mas, no caso da não disposição de dados de escoamento, recomenda-se o espaçamento máximo de 60 m (Cardoso Neto, 2009). A primeira boca de lobo do sistema deve ser colocada no ponto em que a sarjeta já não mais sustenta o escoamento e ocorrerá um transbordamento (Pompêo, 2001). Indica-se ainda que a instalação não deve ser feita em esquinas, e sim um pouco a montante delas, devido à convergência de torrentes e *à* interferência na mobilidade do pedestre (Cardoso Neto, 2009).
Poços de visita Fonte: Drenagem... (s.d.).	Dispositivo colocado em pontos convenientes do sistema para permitir a manutenção. A instalação dos poços deve atender à necessidade de visita em mudanças de direção, declividade e diâmetro, ao entroncamento dos trechos e às bocas de lobo (Lamb, 2014).
Galerias Fonte: Sistema... (2022).	São canalizações públicas destinadas a escoar as águas pluviais oriundas das ligações privadas e das bocas de lobo. O diâmetro mínimo das galerias circulares é de 30 cm (Lamb, 2014) e a manutenção deve ser permanente, pois podem ser obstruídas por resíduos durante eventos chuvosos (Lima *et al.*, 2013).
Sarjetões Fonte: Isaltino (2019).	Formados pela própria pavimentação nos cruzamentos das vias públicas, formando calhas que servem para orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas (Cardoso Neto, 2009).

Fonte: Ferreira, 2023.

Essas infraestruturas, quando bem projetadas e conservadas a partir de manutenções, reduzem significativamente o risco de inundação, protegem o tráfego rodoviário e de pedestres, reduzem os gastos com manutenção de vias e erosão e favorecem o escoamento (Lima *et al.*, 2013; Lourenço, 2014). O planejamento e dimensionamento desses componentes são de significativa importância, pois evitam que as águas vertam para as ruas e o paralelo com as cheias naturais não se estabeleça. Entretanto, para tal eficácia, são necessárias atitudes externas que partam da educação ambiental e cidadã, pois o acúmulo de lixo e a deterioração das galerias, dentre outros, podem ocasionar uma série de alagamentos locais (Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Do mesmo modo que a microdrenagem precisa ser bem dimensionada e mantida para a manutenção do equilíbrio da rede, a macrodrenagem também precisa desse dimensionamento e manutenção, pois corresponde ao sistema receptor, composto pelos rios naturais, artificiais, revestidos e retificados e pelas galerias que funcionam como rios subterrâneos. Assim, o subdimensionamento e a ausência de manutenção adequada podem se tornar uma calamidade (Cardoso Neto, 2009; Miguez; Rezende; Veról, 2016).

Economicamente, o custo para implantação dessas infraestruturas é diretamente proporcional ao volume de água pluvial a ser escoado. Dessa forma, soluções alternativas podem colaborar, tanto ambiental quanto financeiramente, para a execução dos projetos, como: maximização das áreas verdes residenciais (coeficiente de aproveitamento) e em equipamentos urbanos, projetos de arborização em praças, passeios, parques e afins. Esses projetos e possibilidades visam à diminuição do coeficiente de impermeabilização e, consequentemente, do escoamento superficial (Leite; Montes, 2008).

Portanto, embora os avanços referentes ao entendimento, à importância e à ampliação das técnicas voltadas à drenagem urbana tenham sido significativos no decorrer das últimas décadas, eles precisam, necessariamente, extrapolar as políticas, os planos e os conhecimentos acadêmicos, tornando-se prática efetiva implementada no planejamento urbano.

1.3 Deslizamentos em ambientes urbanos

O conjunto de processos que recebe o nome de movimentos em massa tem denominações específicas que variam conforme a velocidade e a natureza. Essas denominações são, por vezes, confundidas, pois diversos autores as utilizam de forma diversificada. Porém, os termos mais adotados e os processos que representam movimentos em massa são: corrida de detritos, queda de blocos, subsidência, rastejamento e deslizamento (ou escorregamento) (Guerra, 2011).

A corrida de detritos (ou corrida de lama) (fig. 3) é considerada um movimento rápido que ocorre na encosta e transporta fluidos viscosos e massa, geralmente argilosa, impregnada de água. O processo ocorre a partir de um deslizamento que mobiliza grandes volumes de materiais que, sequencialmente, escoam ao longo de um ou mais canais de drenagem. As corridas são menos recorrentes do que os próprios deslizamentos, mas têm maior poder destrutivo e se estendem por uma área maior (Brasil, 2007a; Guerra, 1993, 2011).

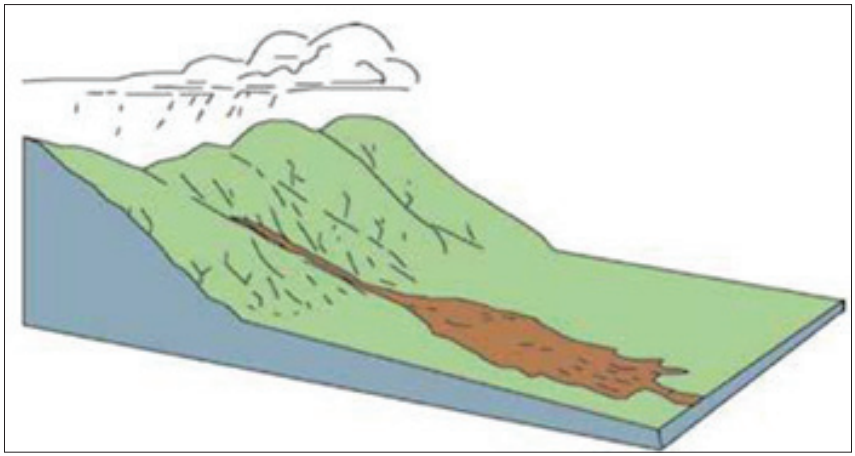


Fig. 3 - Corrida de detritos (Fonte: Bobrowsky e Highland (2008, p. 17).

Já a queda de blocos (fig. 4) está relacionada ao movimento de desprendimento, soltura de um bloco rochoso ou lasca (Guerra, 2011). Ela ocorre em ambientes onde há presença de maciços rochosos, os quais podem se desagregar pela existência

de zonas de fraqueza, por intemperismo físico e pela ação do intemperismo químico sobre as fraturas. A queda desse bloco pode ocorrer de forma íntegra ou desagregando-o em parcelas menores. Quando esse processo ocorre em uma encosta, o material tende a rolar para as partes mais baixas do terreno (Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres, s.d.).

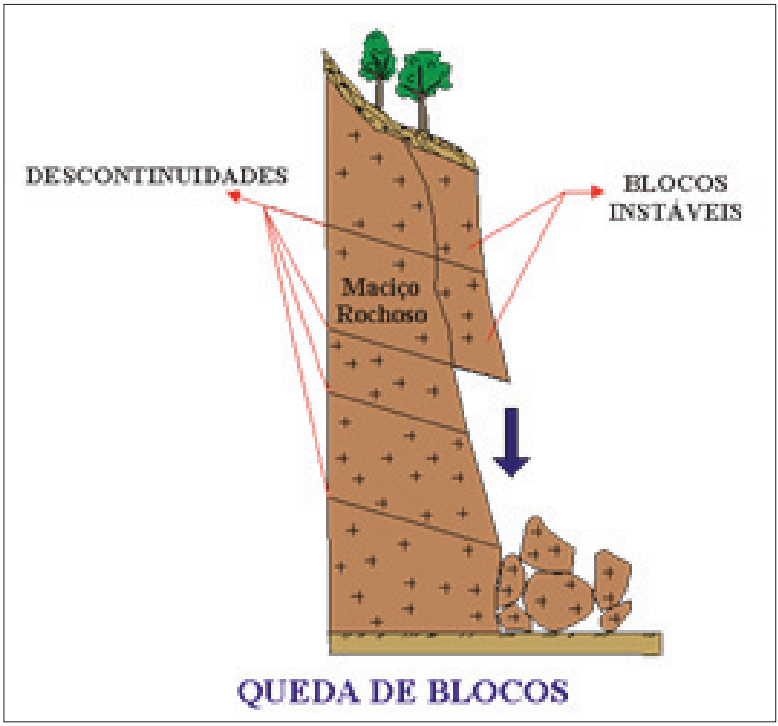


Fig. 4 - Queda de blocos (Fonte: Reis, s.d., s.p.).

Outro tipo de movimento em massa é a subsidência ou o colapso (fig. 5). Os dois termos se referem ao "afundamento" da superfície, sendo o primeiro de forma mais lenta do que o segundo. Nesses processos, ocorre um movimento em massa vertical, visto que uma camada da superfície perde a estabilidade devido à presença interna de cavidades, à redução da porosidade do solo ou à deformação de material argiloso (Centro De Monitoramento E Alerta De Desastres, s.d.). A subsidência pode ocorrer naturalmente ou por ação antrópica (CPRM, 2019).

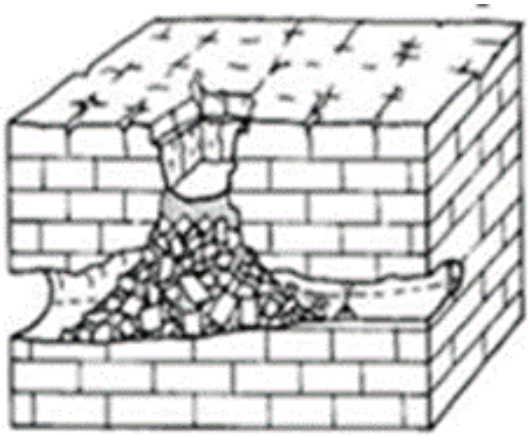


Fig. 5 - Subsidência ou colapso
(Fonte: Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres, .d., s.p.).

Diferentemente desses movimentos, o rastejamento é um processo lento (poucos centímetros por ano) e coletivo de solo e rocha decomposta (Guerra, 1993). Ele pode ser perceptível em postes, muros, cercas e árvores, os quais adquirem, com o tempo, inclinações variadas (fig. 6). Esse tipo de movimento compromete estruturas que vão desde pequenas obras (casas, sistemas de drenagens) até grandes empreendimentos (pontes, viadutos) (Casseti, 2005).

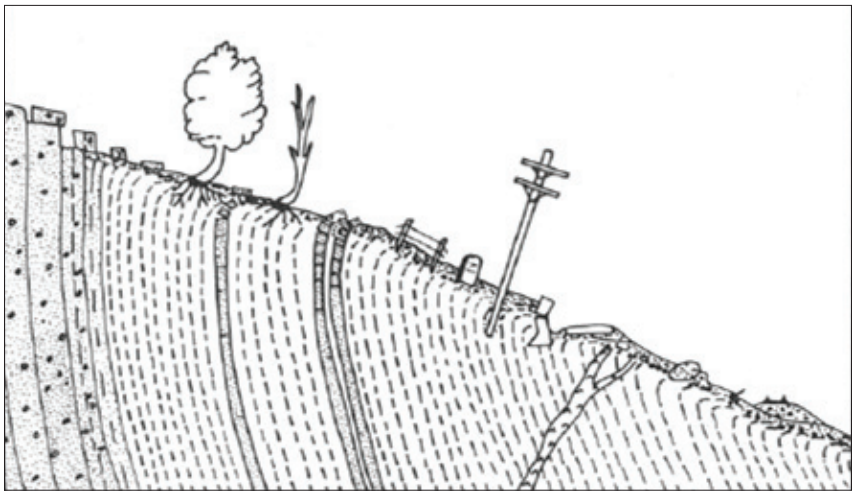


Fig. 6 - Rastejamento (Fonte: Christofoletti, 1980, p. 23).

Já os deslizamentos são movimentos rápidos, de curta duração e plano de ruptura bem definido. Esse tipo de processo se destaca entre os movimentos em massa por ser o mais recorrente, sobretudo nos países tropicais, como o Brasil. A ocorrência em ambientes ocupados pode ser catastrófica, pois envolve o transporte (movimento) coletivo de solo e/ou rocha das encostas para as partes mais baixas do terreno, com movimentos que podem ou não ser potencializados pela presença de água no sistema (Guerra; Marçal, 2006), bem como ser naturais ou induzidos. Conforme a geometria do movimento, os deslizamentos podem ser do tipo rotacional, translacional ou em cunha (fig. 7) e dependem de fatores como: inclinação da vertente, presença ou não de vegetação, consolidação do material e quantidade e frequência de precipitação, o que pode saturar o solo e ocasionar o colapso (Guerra, 1993, 2011).

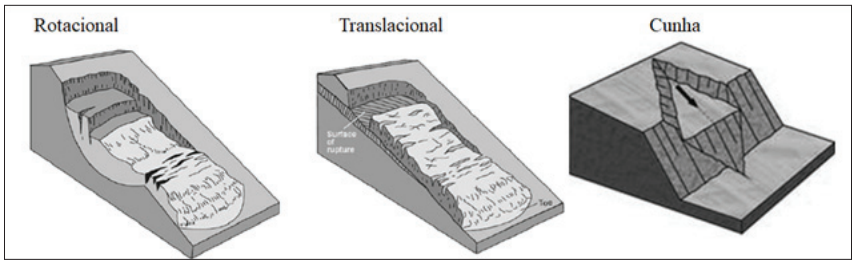


Fig. 7 - Tipos de deslizamento (Fonte: Adaptada de Piedade,2009, p. 19).

Bateira (2001) destaca, dentre os fatores supracitados, a litologia e a precipitação como cruciais. O primeiro aparece como fator estrutural, geológico, indicando maior ou menor suscetibilidade de movimentos de materiais na vertente. Quando a litologia regional é composta por argilas, arenitos, margas e materiais sedimentares, há maior propensão de ocorrer movimentos de vertente. Tal condição, em conjunto a pluviosidade elevada e a morfologia basicamente composta por superfícies íngremes, como a região do Planalto Atlântico, deflagra deslizamentos resultantes da saturação do solo. Estes, não raramente, podem se tornar catastróficos devido à presença humana no ambiente (Amaral; Santoro; Tominaga, 2012).

Assim, os deslizamentos são processos naturais na evolução e no equilíbrio geomorfológico das vertentes. No entanto, também podem ser ocasionados e/ou

acelerados pela intervenção antrópica no sistema. Nesse sentido, Santos (2012) reitera que a ocorrência do referido processo está relacionada à declividade, à forma da encosta, às características geológicas e à pluviosidade. Além desses, o homem é indutor e acelerador do processo. Por isso, atualmente, acredita-se que o ser humano deve ser inserido entre os agentes que definem ou interferem na dinâmica das vertentes, pois, é promotor de transformações que aceleram e agravam a evolução e a estrutura das encostas a partir da ocupação e do uso desmedido da terra (Casseti, 1991).

Diante da existência e interação desses diferentes fatores e agentes, Amaral, Santoro e Tominaga (2012) os dividem em duas categorias. A primeira, definida como agentes predisponentes, é composta pelo conjunto de condições geológicas, topográficas e ambientais. Já a segunda, denominada agentes efetivos, inclui o homem como executor de ações que desencadeiam ou aceleram o movimento em massa, tais como: retirada da cobertura vegetal, aterros, ocupação e corte nas vertentes.

No Brasil, o processo de ocupação dessas áreas vem, a princípio, de uma herança europeia pela procura das áreas mais elevadas para a construção de bases militares e castelos, visando a segurança e a integridade. Exemplos disso são as "cidades coloniais" do Rio de Janeiro e Salvador, que, conforme Gonçalves (1992 *apud* Robaina, 2008, p. 5), desde o século XVIII são palco de desastres por ocupação de vertentes.

No final do século XIX, houve uma inversão dessa relação com as encostas, de modo que os vínculos passaram a ser sociais. Assim, essas seções do relevo se tornaram lugar e alternativa para os grupos sociais marginalizados, como os ex-escravizados e imigrantes pobres (Compans, 2007). O processo de ocupação dessas áreas se tornou ainda mais latente a partir da década de 1960, quando o modelo político-social absorveu uma abundante mão de obra vinda de outras regiões do país e que se instalou nas cidades, ocupando, sobretudo, as encostas (Corrêa; Girão; Guerra, 2007; Silva, 2014). O direcionamento da população para essas áreas, segundo Casseti (1991), não ocorreu apenas pela necessidade de apropriação. Ele fez (e faz) parte de uma lógica determinada pelo modelo de produção capitalista, o qual não se preocupa com as questões ambientais e sociais e se apropria das áreas que possuem infraestrutura, formas e funções estratégicas à instalação do capital. Com isso, as classes menos favorecidas ficam fadadas ao espaço de habitação em

locais afastados, com menor valor agregado (valor de troca) e baixa especulação imobiliária, como as encostas.

Essa lógica de ocupação se intensificou no tempo e no espaço, assim como os desastres relacionados a ela. Segundo Macedo e Martins (2015), entre 1988 e 2016, o número de vítimas fatais de desastres causados apenas por movimento em massa foi de 3.469 pessoas distribuídas por 243 municípios brasileiros inseridos no catálogo de eventos extremos. Atualmente, em março de 2023, o número de vítimas já soma 4.246 pessoas e o número de municípios com registros passou para 275 (Macedo, 2023). Sendo assim, torna-se fundamental a implementação de políticas públicas voltadas ao planejamento territorial e à prevenção de desastres. Isso, segundo a Lei Federal n. 12.608 (Brasil, 2012b), é papel dos municípios, os quais devem mapear as áreas suscetíveis às movimentações em massa e impedir a ocupação delas. Considerando essa prerrogativa, a seção a seguir discorre sobre a importância dos mapas de suscetibilidade como subsídio ao planejamento territorial e à prevenção de desastres nesses locais.

1.4 Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e movimentos em massa

Os mapas são considerados importantes ferramentas de transmissão de informação espacial, portanto, exprimem parte do discurso da realidade e externam conteúdos espaciais como: localização, impactos políticos, indicadores de produtividade e insatisfação, clima, vegetação e muitos outros. Além disso, os mapas tornam possível definir dilemas e resolver problemas (Castellar; Paula, 2020) ligados ao ordenamento territorial.

Por esse motivo, os mapas são vistos como um importante componente do planejamento territorial e ambiental em todas as suas escalas e particularidades. No caso do planejamento territorial, os mapas viabilizam reconhecer e especializar as fragilidades e as potencialidades da área analisada, subsidiando, assim, tomadas de decisões acerca do modelo de ocupação e restrição. Conforme Cristo (2002) e Castro (1996), eles são dispositivos que contribuem para estabelecer e organizar o aproveitamento do espaço geográfico de maneira correta, sendo fundamentais na

elaboração e execução de planos diretores, zoneamentos e planos de ações preventivas a desastres. No caso deste último, destacam-se os mapas de suscetibilidade, os quais são produtos cartográficos primários no processo de construção da análise e da determinação do risco, bem como de prevenção. Nesse sentido, salienta-se que os mapas de suscetibilidade não devem ser confundidos com os mapas de risco. Enquanto o primeiro corresponde à base do entendimento do meio físico passível ou não à ocorrência de eventos propulsores de desastres, o segundo é resultado deste em conjunto às condições socioeconômicas e estruturais, quantificando-as e prevendo as perdas (Cardozo, 2009).

Desse modo, a elaboração de mapas de suscetibilidade é indispensável para a gestão de riscos e permite compreender e prever perigos futuros, a fim de responder emergências e mitigar consequências (Rahmati *et al.*, 2020; Silveira; Valente; Vettorazzi, 2014). A importância dessa elaboração é legalmente reconhecida por meio da Lei n. 12.608 (Brasil, 2012b), a qual inclui o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos em massa como fundamental à prevenção aos desastres (BITAR, 2014).

Segundo Bathrellos *et al.* (2017), o mapeamento das áreas suscetíveis aos referidos processos fornece informações sobre a distribuição espacial desses fenômenos naturais, o que norteia os planejadores e os gestores na seleção de locais propícios ao uso da terra. Além disso, pode ser considerada uma medida não estrutural de prevenção (Guasselli; Oliveira; Saldanha, 2010).

No Brasil, o Serviço Geológico Nacional tem produzido, em nível territorial, cartas de suscetibilidade à inundação e deslizamento em escala entre 1:25.000 e 1:50.000 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2019). Esses materiais de significativa importância e qualidade ainda não contemplam o país por inteiro. Todavia, os já elaborados podem compor o primeiro passo em direção ao reconhecimento da necessidade do aprofundamento de investigações em escala mais detalhada e direcionada ao planejamento territorial municipal. Para isso, segundo Bitar, Freitas e Macedo (2015), a escala mínima ideal a se utilizar é de 1:25.000 quando o objetivo for o reconhecimento de suscetibilidades em nível municipal. Em contrapartida, quando o recorte espacial é menor e a análise visa a identificação de aptidões à expansão urbana ou determinar o grau de risco nesses

espaços, necessita-se de maior nível de detalhamento. Assim, adota-se as escalas mínimas de 1:10.000 para as cartas de aptidão à expansão e 1:2.000 para as cartas de risco.

Entretanto, uma das grandes dificuldades que o processo encontra é o acesso aos materiais e bases cartográficas que versam sobre o tema e compõem os modelos de representação espacial da suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa (Riffel, 2017). Conforme Sobreira e Souza (2012), infelizmente, a maioria dos municípios brasileiros não têm essas informações. Quando elas existem, são restritas às áreas ocupadas e não apresentam o nível de detalhe necessário e compatível com a análise, como resolução espacial e escala. De modo similar, Carneiro, Gomes e Silva (2014) reiteram que a falta dessa cartografia em escala compatível e atualizada se torna mais sobressalente nos municípios pequenos e médios, os quais não dispõem de recursos para investimento em materiais de alta precisão topográfica, resolução espacial e, também, para a aquisição de *softwares* de geoprocessamento.

A existência e a utilização desses produtos, por parte das instituições e órgãos, agregam grandes contribuições à implementação das mais variadas técnicas de elaboração de mapas temáticos, sobretudo voltados à espacialização dos processos de inundação e movimento em massa. A elaboração desses mapas, conforme Pfaltzgraff (2007), pode empregar diferentes metodologias, ou seja, não consiste em uma técnica unívoca, podendo ser constituídos a partir de métodos, informações e instrumentos diversos e capazes de fundamentar diferentes tipos de análise de suscetibilidade. Em consonância, Canil e Moretti (2020) consideram que os mapeamentos são executados a partir de diferentes métodos, variando conforme o objetivo e a escala. Mas, de todo modo, são essenciais para a localização e a caracterização dos problemas, das fragilidades, das potencialidades, do nível de segurança e da sustentabilidade de ocupação.

Por esse motivo, a temática compõe um tópico de destaque na Carta Brasileira de Cidades Inteligentes (Brasil, 2020a). Segundo esse documento, o uso de tecnologias de informação e comunicação, como o geoprocessamento, é importante para entender os fenômenos urbanos e aperfeiçoar a capacidade de gestão dos governos locais por meio de mecanismos inovadores da ciência de dados. Do mesmo modo, o sensoriamento remoto é mencionado como ciência que possibilita o monitoramento

contínuo do ambiente urbano com propósito de gerar dados e facilitar a regulação das dinâmicas urbanas de forma sustentável e automatizada.

Portanto, compreende-se a partir do exposto que os mapas de suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa são ferramentas importantes ao planejamento territorial e da paisagem urbana, sobretudo quando se referem à prevenção de desastres nesses espaços. A elaboração desses materiais não é fundamentada em uma única metodologia e pode ser elaborada a partir de diferentes produtos, informações e ferramentas que possibilitem a integração dos dados espaciais que representem o meio físico e as interações nele existentes. A dificuldade de acesso a esses materiais e bases cartográficas dificulta ou impossibilita a elaboração de mapas de detalhe, entretanto, o uso do geoprocessamento e suas geotecnologias pode suprimir essa carência e propiciar a elaboração de materiais de alta qualidade e serventia ao planejamento.

Diante disso, a subseção a seguir versa brevemente sobre geoprocessamento e geotecnologias, como sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Estes, comumente, embasam a elaboração dos mapas de suscetibilidade à inundação e ao movimento em massa, auxiliando na gestão de riscos e prevenção de desastres.

1.4.1 A importância das técnicas de análise espacial na gestão e prevenção do risco: a aplicabilidade do geoprocessamento

O geoprocessamento e as geotecnologias que o compõem são ferramentas fundamentais para a elaboração e a integração de cenários para os estudos ambientais. Por meio dele, torna-se possível combinar informações e representações espaciais com uma visão holística, permitindo representar, por exemplo, fenômenos espaciais complexos, como as inundações e os movimentos em massa (Alves; Barbosa; Oliveira, 2011; Martins, 2013).

Etimologicamente, a palavra "geoprocessamento" surge da combinação latina de "*Geo*" (Terra), como prefixo de geografia, somado a "*processos*" (andar avante; progresso) (Moura, 2003). Assim, o termo pode ser definido como um conjunto de

processos, sequenciamentos e tratamentos de dados georreferenciados que permite a associação e a representação do espaço geográfico.

Apesar dessa definição etimológica, tecnicamente não há conceito unívoco para o geoprocessamento. De modo geral, no Brasil, destacam-se os apresentados por Câmara, Davis e Monteiro (2004) e Silva (2009), os quais definem o geoprocessamento como um conjunto de conceitos e tecnologias que operam sobre bases de dados computacionais (registros de ocorrência) para transformar estes em informação relevante. Através dele, torna-se possível identificar e tratar problemas ambientais a partir da localização, da extensão e das relações espaciais (e temporais) dos fenômenos (Silva, 1992). Sua arquitetura envolve procedimentos de entrada, manipulação, armazenamento e análise de dados espaciais georreferenciados (Christofoletti; Teixeira, 1997). Desse modo, o geoprocessamento possibilita a manipulação, análise, simulação, modelagem e visualização espacial agregada, ou não, ao uso de um Sistema de Informações Geográficas (Fitz, 2008).

Ainda sobre a definição e o conceito, Moura (2003) acrescenta que o geoprocessamento engloba o processamento digital de imagens, a cartografia digital e os SIGs. Este último e o geoprocessamento são comumente confundidos, tanto em conceito como em semântica. Entretanto, o geoprocessamento, como mencionado, engloba o próprio SIG, as geotecnologias, a cartografia digital e o sensoriamento remoto.

Já o termo SIG, conforme a literatura norte-americana, é utilizado para designar as inovações, *softwares*, ou outros sistemas que lidam com as informações espaciais (Pereira; Silva, 2001). Esse sistema é baseado na combinação de *hardware*, *software*, dados, metodologias e recursos humanos que, operacionalizados, permitem ao usuário a coleta, o manuseio e a análise de dados georreferenciados (Christofletti; Teixeira, 1997). É visto como uma ferramenta computacional do geoprocessamento necessária para o armazenamento de dados georreferenciados, bem como para a realização e a otimização de análises espaciais (De By; Huisman, 2009; Silva, 1999).

Historicamente, a origem do geoprocessamento possui relação intrínseca com o desenvolvimento da informática. As primeiras tentativas de automatização dos processos ocorreram na década de 1950, na Inglaterra e nos Estados Unidos, visando reduzir custos na produção de mapas. No entanto, nesse período, a informática

e a especificidade das aplicações desenvolvidas não permitiam, ainda, que o geoprocessamento fosse classificado como um "sistema de informação" (Câmara; Davis; Monteiro, 2004).

No Brasil, o uso do geoprocessamento data da década de 1980 e tem como instituição precursora a Universidade Federal do Rio de Janeiro, na pessoa do Prof. Dr. Jorge Xavier da Silva. Posteriormente, em 1991, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também se tornou referência em geoprocessamento a partir do lançamento e disponibilização gratuita do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, o SPRING.

Atualmente, a utilização do geoprocessamento é crescente e condiciona novas oportunidades a diversos tipos de profissionais. Por ser funcional, também é visto como uma ferramenta de suporte, gerenciamento e monitoramento (ROSA, 2013), servindo, entre outros, a: órgãos governamentais; administrações municipais; empresas de utilidade pública; publicidade; transporte; energia; comunicação; meio ambiente, prevenção de desastres e planejamento, seja regional, territorial ou urbano (Câmara; Davis; Monteiro, 2004; Lajo, 2021).

No caso do planejamento urbano e da prevenção de desastres, as técnicas de análise espacial, pelo uso do geoprocessamento e dos SIGs, desde a década de 1990, têm se tornado um grande aliado por possibilitar a visualização, o tratamento, o cruzamento e a análise de informações espaciais, os quais auxiliam nas decisões dos órgãos de planejamento e gestão (Pereira; Silva, 2001). Além disso, conforme Lajo (2021), as informações geoespaciais sistematicamente organizadas causam boa impressão para a equipe gestora do município, excluindo a sensação de uma administração desorganizada.

Com o controle dessas informações geoespaciais, é possível monitorar as áreas urbanas e elaborar políticas públicas embasadas e que direcionem o parcelamento do uso e ocupação do solo, além de auxiliar na elaboração do zoneamento urbano, no mapeamento dos imóveis públicos e tombados, no cadastro das atividades econômicas, na atualização do cadastro imobiliário (Lajo, 2021) e, sobretudo, na elaboração de mapas temáticos que subsidiem o planejamento urbano e a prevenção de desastres, como mapas de suscetibilidade, perigo, risco e vulnerabilidade. Esses mapas são elaborados, geralmente, no ambiente de SIG, a partir de técnicas de

modelagem. Uma dessas técnicas, pelo caminho quantitativo, é a álgebra de mapas ou modelagem ambiental (Tomlin, 1990; Zacharias, 2023), a qual, a partir de uma manipulação matemática, associa um ou mais mapas e, assim, produz novos dados (Barbosa *et al.*, 1998).

A utilização dessa técnica é bastante usual em estudos geoambientais. Somente na Revista Brasileira de Geomorfologia, 15% dos trabalhos publicados entre os anos de 2001 e 2020 empregaram a álgebra de mapas em sua metodologia (Mountanher; Morais; Uema, 2022), pois a técnica propicia uma fusão dos conjuntos ou sistemas espaciais específicos (Martinelli, 1994), fazendo dela a melhor opção para a elaboração de uma cartografia ambiental que represente, bidimensionalmente, as relações entre o meio biótico e abiótico (Sousa, 2009). Diante disso, a subseção 2.5.1.1 discorrerá brevemente sobre a álgebra de mapas e sua utilização, sobretudo associada à análise multicritério.

1.4.1.1 Álgebra de mapas e análise multicritério

A primeira importante aplicação da álgebra de mapas como um modelo simplificado de decomposição e composição de mapas temáticos, afim de estabelecer uma "arquitetura da paisagem" (Machado, 2014), data do final da década de 1960 e foi introduzida por Ian MacHarg no livro "*Design with nature*". Na época, a partir da simples sobreposição de mapas, o autor apresentou uma caracterização integrada do território e a delimitação de áreas adequadas para diferentes usos (Macharg, 1969; Moura; Jankowski, 2016). Posteriormente, no final da década de 1970, o termo álgebra de mapas por Berry e Tomlin (1979), para descrever a técnica da análise conjunta de dados cartográficos digitais que têm tanto sentido matemático quanto espacial e gráfico (Barbosa *et al.*, 1998; Mountanher; Morais; Uema, 2022; Tomlim, 1994). Assim, o desenvolvimento do conceito ocorreu atrelado às noções de geoprocessamento, estatística, matemática e cartografia.

Conhecida também como modelagem cartográfica, a álgebra de mapas possui uma série de conceituações que variam conforme o entendimento distinto dos autores (French; Li, 2010; Mountanher; Morais; Uema, 2022). No escopo deste

trabalho, adota-se a álgebra de mapas como a associação, integração, sobreposição e/ou combinação de dados geoespaciais que, assim, propiciam uma nova informação, uma visão diferenciada ou holística do conjunto de atributos (Sampaio, 2012). O resultado desse processo pode evidenciar relações mais complexas e mútuas, as quais representam uma dinâmica espacial que, associada a um contexto ambiental, possibilita uma geoinclusão[3] (Ferreira; Moura; Queiroz, 2010).

O uso dessa técnica, segundo Ventorini e Zacharias (2021), quando aplicada aos estudos que envolvem o planejamento territorial e da paisagem, fornece importantes indicativos de fragilidades e potencialidades espaciais. Assim, a álgebra de mapas corresponde a um importante procedimento de planejamento, por possibilitar a associação de diversas informações (geo)espaciais de uma determinada área, como, por exemplo: aspectos físicos, sociais, econômicos, estruturais, ambientais e políticos.

Aliada à álgebra de mapas, a análise multicritério permite definir e associar, a cada plano de informação e componente da legenda, pesos e notas conforme o grau de interação ou influência, para, assim, gerar um resultado pertinente (Moura, 2007). O método foi desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty na década de 1970 e, na literatura, é conhecido, também, como análise hierárquica de processos e árvore de decisões.

Segundo Barros, Marins e Souza (2009), a análise multicritério é o método mais conhecido e utilizado para apoiar tomadas de decisão diante de problemas que possuem múltiplos critérios. Esses problemas, sobretudo quando relacionados ao planejamento, são muitas vezes difíceis de resolver, pois envolvem grande quantidade de dados, fenômenos e incertezas que influenciam nas decisões dos planejadores (Janssen; Rietveld, 1990).

Diante disso, e no contexto do planejamento, a principal função da análise multicritério é facilitar a integração de variáveis espaciais, representada por meio dos mapas temáticos, e os graus de incerteza dessa integração, para com isso, amparar tomadas de decisão (Jankowski; Moura, 2016). Assim, ela pode auxiliar, por

---

[3] Inclusão geográfica ou ambiental associada à atualização, descentralização e incremento do uso de interesse social do geoprocessamento (Goes; Marino; Silva, 2011).

exemplo, na determinação de locais adequados, ou não, para execução de atividades humanas, na identificação de áreas adequadas para a expansão urbana e ambiental, áreas sensíveis e propícias a determinadas atividades agrícolas, áreas suscetíveis a inundação, erosão e movimentos em massa e o grau de risco a que a população está exposta diante desses fenômenos, entre outros.

Desse modo, o modelo de decisão baseado na análise multicritério interessa, sobretudo, a geógrafos e urbanistas, uma vez que possui baixo custo e envolve um conjunto de alternativas e/ou eventos geograficamente definidos, os quais são ordenados com base em avaliações múltiplas, conflitantes e incomensuráveis, para fornecer uma alternativa ou solução (Thill, 2019).

Tecnicamente, a análise multicritério atribui pesos e notas, baseados no grau de pertinência ou influência, aos planos de informação ou mapas e suas respectivas legendas. A matemática aplicada ao processo pode ser baseada na lógica Fuzzy, no método do Processo Analítico Hierárquico (Analytic Hierarchy Process [AHP]), ou na simples média ponderada (Costa; Dourado; Meirelles, 2018; Moura, 2007), como o adotado neste estudo.

No processo da utilização da análise multicritério por média ponderada, os diferentes planos de informação selecionados para a álgebra de mapas recebem um peso percentual que, ao final, soma 100%. Além disso, cada componente da legenda dos referidos planos de informação recebem uma nota estabelecida dentro de um intervalo mínimo e máximo, por exemplo, de 0 a 10, segundo o grau de pertinência ou influência sobre um dado evento (Moura, 2007).

Para a ponderação desses pesos, utiliza-se, comumente, da análise da realidade existente (*data-driven*), ou de consulta a especialistas (*knowledge-driven*), ou da orientação visual (*visual-driven*) ou, ainda orientada por objetivos (objective-driven) (Bonham-Carter, 1994; Casagrande; Moura; Rocha, 2018; Mota; Moura; Ribeiro, 2019). Caso seja considerado que uma ou mais variáveis possuam o mesmo grau de influência, os pesos também podem ser distribuídos igualmente.

Quanto às notas da legenda, para serem comparadas, e, posteriormente, efetuar-se uma integração dos planos, torna-se necessário uma normalização. Esse processo faz com que as informações adquiram um caráter contínuo, ou seja, apresentem o mesmo valor mínimo e o mesmo valor máximo, permitindo, assim, a comparação

(Ferreira *et al.*, 2004; Jankowski; Moura, 2016). Atenta-se que a normalização não altera o padrão espacial dos planos de informação, apenas uniformiza os valores mínimos e máximos (fig. 8) (Equação 3).

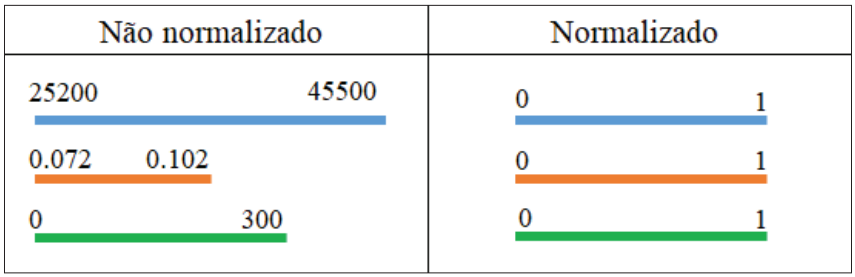


Fig. 8 - Normalização dos valores (Fonte: Adaptada de Jankowski e Moura, 2016).

$$(x\mathit{Máx} - x\mathit{Mín}) * 1 / (x\mathit{Máx} - x\mathit{Mín}) \quad (3)$$

Além dessas etapas e procedimentos, destaca-se que, para a superposição dos mapas em formato *raster*, é fundamental que estes estejam com o tamanho do pixel padronizado (fig. 9). Caso os planos de informação possuam valores de linhas e colunas (*cell size*) diferentes, adota-se sempre o de menor resolução espacial no processo de padronização.

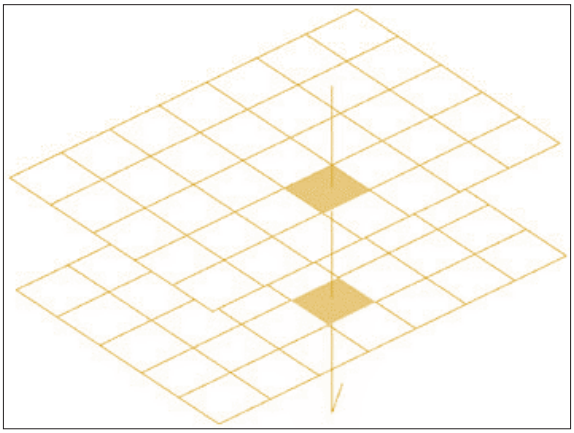


Fig. 9 - Coincidência espacial: sobreposição de planos de informação de mesma resolução (Fonte: Adaptada de Moura, 2003).

Diante da apresentação e associação entre o geoprocessamento, o SIG, a álgebra de mapas, a análise multicritério e as tomadas de decisão para o planejamento em todas as escalas e recortes espaciais, a seção a seguir versa sobre o planejamento da paisagem como unidade de análise espacial e gestão territorial.

1.5 A paisagem como instrumento de planejamento e gestão

Um dos fundamentos que embasam o planejamento, em todos os seus campos, é a análise integrada. Tal característica faz com que a paisagem, como categoria geográfica, seja um ambiente de análise espacial por compreender, de maneira sistêmica, o meio natural e as interações antrópicas que o compõem. A partir desse entendimento, as subseções a seguir visam apresentar, sumariamente, o conceito de paisagem, a relação desta com o planejamento e o histórico do planejamento urbano no Brasil.

1.5.1 Planejamento da paisagem

"Problemas de saneamento básico, saúde pública e traçado de vias de comunicação começam a surgir nesse período, em decorrência do modo de produção da paisagem urbana" (Leite, 1994, p. 83).

O termo "paisagem" é originário do francês "*paysage*" e possui uma multiplicidade de sentidos e utilizações que diferem de acordo com o objeto ou a análise do objeto de estudo. Apesar de ser um dos termos tradicionais da geografia, a paisagem também é empregada por historiadores, arquitetos e outros profissionais. Estes conduzem análises e buscam respostas baseadas na peculiaridade da visão com que a examinam (Chantal; Raison, 1986).

Como termo científico geográfico, a palavra paisagem foi introduzida no início do século XIX, por Alexander von Humboldt. No decorrer da história da geografia, o termo foi abordado por diferentes correntes filosóficas, gerando interpretações divergentes, sendo considerado polissêmico e produto do embate entre visões materialistas e idealistas (Nucci, 2010).

A história, por exemplo, define que a paisagem é representada pela estratificação do trabalho social que sucede sobre o território. Na antropologia cultural, o termo está ligado à manifestação exterior da atividade social e aos instrumentos culturais que as sociedades possuem. Na visão da psicologia, a paisagem é impressão, emoção despertada pelo homem a partir da própria sensibilidade e do ambiente (Leite, 1994). Na arquitetura, considera-se que a paisagem é formada pela individualidade ou pela associação dos lugares, e não pode ser congelada num determinado momento, porque não é uma síntese, mas uma

> "[...] *representação da realidade e dos elementos que a compõem. O que está representado na paisagem é a decorrência da interação entre sociedade e a natureza da interpretação individual ou coletiva, dos processos de estruturação do território*" (Leite, 1994, p. 51).

Desse modo, o conceito é efeito de uma confluência de pressupostos e métodos, produto de um embate ontológico que, desde o século XVIII, acompanhou as reflexões sobre a natureza e sua espacialidade na superfície da Terra (Silveira; Vitte, 2010). As discussões acerca da paisagem visam estabelecer o tipo e os níveis de relações sociais e da natureza em um determinado espaço (Rocha, 2008).

Nessa confluência de pressupostos, Milton Santos (1988b) define paisagem como tudo aquilo que a visão alcança, além de movimentos, sons e cores. Besse (2006), de forma menos reducionista, considera-a como resultado de uma produção que, inicialmente, só cabe à escala do visível, entretanto, possui um "interior" que não se limita ao externo, ao visível, e sim a uma análise aprofundada. Moschini (2008) acrescenta que a paisagem consiste em um arranjo espacial que envolve a combinação de diferentes ecossistemas naturais e usos da terra associados às atividades antrópicas que, no decorrer do tempo, transformam-se ou desaparecem de acordo com suas funções, ou seja, "[…] *existindo a partir do reflexo e visão social do sistema produtivo. Suas formas transformam-se ou desaparecem sempre que as teorias, filosofias e necessidades que as criam não são mais reais ou autoevidentes*" (Leite, 1994, p. 7).

Nesse sentido, a paisagem pode ser definida como uma categoria física, biológica e social que se manifesta de forma sistêmica em suas interações, tendo

origem sistematicamente natural e modelagem física, biológica, química e antrópica. Esta última é influenciada, sobretudo, por questões socioculturais e econômicas. Essa visão integrada, cujas propriedades essenciais surgem da relação entre as partes (Fonseca, 2016), condicionam a paisagem ao princípio da Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 2010), a qual posteriormente deu subsídio à Teoria dos Geossistemas (Bertrand, 1972; Sochava, 1977) e condicionou a concepção de integração da paisagem como um conjunto de conexões e processos integrados e dinâmicos, em que os seres bióticos se conectam e desenvolvem suas atividades (Galina; Troppmair, 2006). Por isso, a paisagem constitui um dos mais antigos focos de análise da ciência geográfica e o método de investigação passou por várias modificações no decorrer dos séculos (Ortigoza, 2010), de acordo com as correntes epistemológicas que a compõem. No mundo contemporâneo, predominantemente urbano e antropicamente modificado, torna-se necessário ampliar o entendimento da paisagem para além da visão bucólica.

Desse modo, para este estudo que envolve um olhar para a gestão e o ordenamento do território, optou-se pelo uso da definição apresentada por Schlee *et al.* (2009, p. 232), a qual considera a paisagem como "[…] *um produto profundamente impregnado de cultura, que resulta de processos de alteração contínuos, ditados por fatos biofísicos, sociais e econômicos, portanto também políticos, rebatidos nas formas de ocupação e gestão do território*". Além disso, adota-se o conceito de paisagem urbana como categoria que representa a materialidade das relações de consumo (Ortigoza, 2010), poder e hegemonia do capital sobre as cidades. Reforça-se que paisagem urbana exprime, no tempo histórico, o processo evolutivo da população enquanto sociedade, a cultura, a integração com o ambiente geográfico e, sobretudo, as adaptações às condições do meio em suas limitações e potencialidades (Motta; Moura, 2016). Em suma, constitui fator de análise fundamental ao planejamento.

Conforme Leite (1994), uma paisagem modificada pelo ser humano não pode ser considerada antinatural, mas sim uma paisagem cultural que deve atender critérios funcionais e estéticos. Além disso, não pode ser planejada de acordo com prioridades econômicas rigorosas que levem à perda dos valores ambientais, para que, em seguida, sejam embelezadas e pseudonaturais (Leite, 1994). Assim, a preocupação e os estudos voltados para o planejamento da paisagem e a questão

ambiental se tornaram recorrentes em âmbito mundial a partir da década de 1960, principalmente pelo grande desenvolvimento tecnológico, econômico e de exploração dos recursos minerais no pós-guerra (Prette; Ross, 1998).

No Brasil, a partir de 1960, ocorreram diversas mudanças estruturais que, com o apoio do Estado, levaram a um processo acelerado de interiorização e modernização. Esses processos alteraram a estrutura do espaço urbano e rural do território, ocasionando perda de diversidade da paisagem e crescente homogeneidade.

Nas últimas décadas, as cidades brasileiras sofreram um aumento populacional atrelado às políticas urbanas de adensamento, as quais foram baseadas apenas na infraestrutura de espaços físicos disponíveis, desprezando a questão ambiental. Tal fato resultou em problemas de ordem social e ambiental em todas as grandes cidades (Gonçalves; Nucci; Valaski, 2014).

Nesse sentido, os estudos ambientais e o planejamento tornam-se procedimentos essenciais para a caracterização da paisagem de modo observável, descritível e quantificável (Blaschke; Lang, 2009). Esses estudos visam um desenvolvimento sustentável baseado no ordenamento físico-territorial, valorizando as potencialidades e as fragilidades dos sistemas ambientais naturais, culturais e econômicos (Prette; Ross, 1998).

Portanto, o planejamento da paisagem se tornou ferramenta central de conservação orientada para a prevenção. Como instrumento, ele indica espacialmente onde há maior necessidade de ação ante aspectos de conservação da natureza e onde as atividades socioeconômicas podem ocorrer de forma eficiente. Desse modo, reduz as fragmentações da paisagem e controla determinados usos inevitáveis de maneira menos agressiva ao meio ambiente (Galler; Haaren; Ott, 2008).

Por fim, não é possível discorrer sobre o tema planejamento da paisagem no ambiente urbano sem esbarrar no planejamento urbano brasileiro, uma vez que, segundo Ugeda Júnior (2014), o planejamento da paisagem é uma alternativa metodológica que complementa o planejamento urbano utilizando as particularidades do ambiente urbano. Sendo assim, a subseção a seguir apresenta uma exposição da temática e sua concepção para, posteriormente, discorrer sobre os instrumentos legais e políticos de apoio e execução de planejamento e prevenção aos desastres.

1.5.2 Algumas considerações acerca do planejamento urbano no Brasil

Discorrer sobre temas relacionados ao planejamento não é tarefa fácil, principalmente quando este se refere ao meio urbano e ao risco ambiental. Torna-se ainda mais complexo quando as cidades, além de possuírem formação espontânea e paisagem significativamente modificada, datam de um período em que a única política existente era a de ocupação do ainda território português. Desse modo, a compreensão do espaço e da paisagem urbana contemporânea demanda um resgate histórico (Godoy, 2011) sistêmico e articulado, visto que sua construção social perpassa períodos políticos, sociais e culturais distintos. Entretanto, reconstituir esse espaço é algo laborioso, pois os registros e informações disponíveis costumam ser raros e descontínuos.

Planejar é decidir antecipadamente o que deve ser feito. O planejamento é um trabalho amplo, de delineamento e métodos a serem executados de forma sistemática, contínua e voltada para o futuro. Ele exige reexame constante das tendências e políticas que promovam o bem-estar social, sendo um meio de melhorar as decisões, um pré-requisito para as ações (Dror, 1963).

Silva (2017), embasada em Dror (1963), considera que o planejamento urbano é um processo técnico e político direcionado à organização de orientações pósteras para uma cidade a partir de diferentes ações que garantam, por exemplo: o desenvolvimento ordenado da cidade; o direcionamento do desenho do ambiente urbano; o uso e a ocupação do solo. Machado (2010) considera que o planejamento urbano consiste em um conjunto de saberes, práticas sociais e intervenções de caráter inter e/ou transdisciplinar que ajuda a pensar e transformar a realidade socioespacial a partir de mediações "político-técnicas".

Os primeiros estudos a respeito do planejamento urbano tiveram início na Europa, sobretudo após a Revolução Industrial, o que gerou intensas mudanças na paisagem, transformou as cidades e os lugares insalubres e demandou intervenções urgentes e direcionadas para a melhoria da qualidade de vida (Marques, 2012).

No Brasil, até o século XIX, não havia a preocupação em se planejar o espaço urbano, o foco nesse período era o princípio de um higienismo e o urbanismo de Versalhes, Washington, Haussmann e Pereira Passos. Esses modelos prezavam pelo "embelezamento" das cidades e pela destruição da estrutura medieval ou colonial, de

modo a exaltar a nova burguesia. No entanto, a partir de 1930, a ideologia do planejamento enquanto técnica de base científica começou a ser vista como indispensável à solução dos problemas urbanos que se tornaram crescentes (Villaça, 1996).

Nesse período, aparecem pela primeira vez os termos "urbanismo" e "plano diretor" nos planos Agache (para o Rio de Janeiro) e Prestes Maia (para São Paulo), ambos voltados para a infraestrutura e o transporte (Silva, 2017; Villaça, 1996). Entretanto, o termo "plano diretor" só se difundiu no Brasil a partir da década de 1940, mas duas décadas depois foi substituído por outros nomes e caiu no ostracismo até a década 1980 (Villaça, 1996).

Villaça (1996) considera ainda que, entre essas décadas, foram desenvolvidas ações de melhoria urbana pelo Banco Nacional de Habitação e pelo Planasa (Plano Nacional de Saneamento), todavia não tinham por objetivo a organização do espaço urbano e não foram formulados e aplicados para cada cidade individualmente. Desse modo, no período da Ditadura Militar, o plano que mais se aproxima do planejamento urbano é a Lei Federal n. 6.766/79 (Brasil, 1979), que regulamenta loteamentos de forma individual, não no conjunto da cidade (Villaça, 1996).

Foi nos anos 1980 que as lutas urbanas ganharam organicidade a partir do Movimento Nacional da Reforma Urbana (MNRU). Com isso, difundiram-se concepções e práticas sociais que, nas décadas seguintes, tiveram repercussões importantes na estrutura jurídico-institucional, processos e dinâmicas de produção social do espaço urbano (Machado, 2010). É nesse período que o Plano Diretor "ressuscita" (Villaça, 1996) a partir da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), que determina a obrigatoriedade de sua execução em todas as cidades com mais de 20 mil habitantes (Maricato, 1997).

A década de 1990, até o ano de 2001, correspondeu a um terceiro período da história do planejamento urbano no Brasil. Os pontos marcantes desse período foram a inserção dos artigos 182 e 183[4] na Constituição Federal (Brasil, 1988) e a

[4] "Art. 182. A política de desenvolvimento urbano, executada pelo poder público municipal, conforme diretrizes gerais fixadas em lei, tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes. Art. 183. Aquele que possuir como sua área urbana de até duzentos e cinquenta metros quadrados, por cinco anos, ininterruptamente e sem oposição, utilizando-a para sua moradia ou de sua família, adquirir-lhe-á o domínio, desde que não seja proprietário de outro imóvel urbano ou rural" (Brasil, 1988, s.p.).

aprovação do Estatuto da Cidade pela Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001 (Brasil, 2001; Silva, 2017). Este último regulamentou os artigos supracitados e acrescentou instrumentos inovadores para a elaboração dos planos diretores dos municípios brasileiros (Duarte, 2011). Dentre esses instrumentos, destaca-se a obrigatoriedade do mapeamento de áreas suscetíveis e de risco, o que, posteriormente, foi regulamentado pela Lei n. 12.608 (Brasil, 2012b).

Outro marco a ser considerado no desenvolvimento dos projetos de planejamento urbano no Brasil é a criação do Ministério das Cidades, no ano de 2003. A pasta visava suprir a ausência de uma política nacional de desenvolvimento urbano consistente. Dentre as iniciativas executadas pelo Ministério, destaca-se a Campanha Nacional do "Plano Diretor Participativo: Cidade para Todos", que, no ano de 2005, propôs a elaboração e a revisão dos planos diretores municipais, com prazo determinado até 2006, e, em seguida, a implantação dos instrumentos de planejamento urbano (Silva, 2017). Entretanto, em 2019, o Ministério das Cidades e o Ministério da Integração Nacional foram integrados. Juntos formaram o Ministério do Desenvolvimento Regional, o qual ampliou e incorporou novas pautas e reduziu a representatividade e as políticas de planejamento do antigo Ministério das Cidades.

A partir dessa breve contextualização histórica e política sobre o planejamento urbano no Brasil, a subseção a seguir discorre sobre os principais planos e instrumentos que lhe dão subsídio e contribuem para a prevenção de desastres em ambiente urbano.

1.6 Instrumentos políticos de planejamento da paisagem urbana, prevenção de riscos e desastres

Os instrumentos políticos são mecanismos que garantem ou guiam o funcionamento e a gestão econômica, social, ambiental e outras, podendo ser apresentados por meio de leis, decretos, planos e estatutos que direcionam o planejamento a curto, médio e longo prazo. No caso do planejamento da paisagem urbana voltada para prevenção, gestão de riscos e desastres, o Plano Diretor e o

Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil são ferramentas indispensáveis. Tendo em vista a importância desses instrumentos, as próximas subseções discorrem sobre a importância dos referidos planos e a relação deles com a prevenção de riscos.

1.6.1 Plano Diretor Municipal

"*O plano diretor é parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo o plano plurianual, as diretrizes orçamentárias e o orçamento anual incorporar as diretrizes e as prioridades nele contidas*" (Brasil, 2001, s.p.).

A expressão "plano diretor" tem origem no meio militar como um plano de ações documentais para dirigir o tiro de baterias de artilharia. Fora do contexto militar, o termo é amplamente utilizado por profissionais urbanistas e planejadores no sentido de um plano que, ao considerar as situações locais, propõe um estado futuro a realizar (Joly, 2008).

De acordo com Silva (2006), denomina-se plano porque estabelece metas a serem cumpridas, prazos em que deve ser realizado, atividades a serem executadas e quem deve executá-las. É diretor porque fixa as orientações, regras e/ou normas do desenvolvimento urbano do município. A elaboração conta com técnicos, políticos, organizações da sociedade civil e toda e qualquer pessoa, o que lhe caracteriza como um plano de gestão e elaboração democrática, mas, mesmo depois de elaborado, é fundamental que haja um acompanhamento da população, de modo a fiscalizar a aplicação (Duarte, 2011).

Marques (2012) argumenta que o Plano Diretor deve ser a espinha dorsal de todo e qualquer planejamento das cidades, devendo enfocar aspectos políticos, físicos, sociais, econômicos, ambientais e administrativos. Para Villaça (1999), a definição mais consensual de plano diretor é: um conjunto de diagnósticos científicos que engloba a realidade física, social, econômica, política e administrativa da cidade, do município e da região. A partir disso, fornece-se um conjunto de propostas para o futuro desenvolvimento socioeconômico e a futura organização espacial dos usos do solo urbano, das redes de infraestrutura e de elementos fundamentais da estrutura

urbana, para a cidade e para o município. Essas propostas são definidas para curto, médio e longo prazos e aprovadas por lei municipal (Villaça, 1999).

O Plano Diretor é determinado pela Lei Federal n. 10.257/2001 (Brasil, 2001) para cidades com mais de 20 mil habitantes, municípios com áreas de especial interesse turístico e sob influência de empreendimentos ou atividades com impacto ambiental em âmbito regional ou nacional, municípios integrantes de regiões metropolitanas e aglomerações urbanas, e municípios incluídos no Cadastro Nacional de Municípios com áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Brasil, 2001).

Desse modo, considera-se que o Plano Diretor é o principal instrumento de planejamento urbano no Brasil. Ele define o macrozoneamento do território e as diretrizes gerais do uso e ocupação da terra. Com isso, pode-se afirmar que ele deve assumir um papel central para a redução das exposições diversas ao perigo presentes no meio urbano, sobretudo as que resultam do parcelamento, uso e ocupação de áreas suscetíveis à inundação e ao movimento em massa (Lemos, 2010). Nesse sentido, a criação da Lei n. 12.608/2012 (Brasil, 2012b), que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, foi de grande importância. Com ela, estabeleceu-se que os municípios brasileiros devem acrescentar ao Plano Diretor o mapeamento de áreas suscetíveis à ocorrência de desastres naturais e impedir a ocupação dessas áreas. Além disso, cabe também a essa esfera da administração pública elaborar o Plano de Contingência para a redução dos riscos (Brasil, 2012b), o qual pode contribuir para o Plano Diretor.

Embora o Plano Diretor seja considerado um instrumento de gestão urbana, possuir caráter organizacional amplo, democrático e vantajoso, há objeções a respeito. Autores como Rezende e Ultramari (2007) consideram o Plano Diretor, tal como outros instrumentos de planejamento, algo utópico e reducionista. Segundo os autores, esses planos são direcionados, principalmente, ao planejamento físico territorial e de interesse nacional, tornando-se generalistas aos interesses e realidades municipais.

Apesar da crítica, Rezende e Ultramari (2007) não desconsideram a importância desse instrumento, apenas afirmam que há necessidade de inclusão de novas técnicas e ensaios, como por exemplo, o Planejamento Estratégico Municipal, que indica e

considera mais claramente as necessidades organizacionais de interesse local. Por fim, acredita-se que o insucesso de alguns planos diretores não se deve somente à metodologia e à essência do projeto, mas da maneira como o Poder Público municipal o elabora, manipula e/ou executa e em prol de que ou quem (Rezende; Ultramari, 2007).

1.6.1.1 Plano Diretor de Drenagem Urbana

O Plano Diretor de Drenagem Urbana (PPDU) é um instrumento de gestão da infraestrutura urbana direcionado ao escoamento das águas pluviais, dos rios e dos arroios em áreas urbanas. Segundo Bertoni e Tucci (2003), esse instrumento elenca ações e estruturas que reduzem as perdas econômicas e proporcionam a melhoria das condições do meio ambiente na totalidade. Isso se dá a partir do planejamento da distribuição das águas pluviais no tempo e no espaço, do desenvolvimento de infraestruturas e do controle de ocupações de risco de inundação.

Assae, Câmara e Fugita (1979) consideram que o PPDU é de grande valia para a administração pública, a comunidade e a economia no geral. Nele devem ser apresentados as obras a serem executadas e os prazos e potenciais do uso da terra urbana não baseados exclusivamente em projetos hidráulicos, mas também em critérios ambientais, sociais e econômicos. Além disso, deve referenciar-se e ser coerente a outros planos, como: zoneamento, sistema viário, áreas verdes etc.

Tucci (2013), em sua obra "Curso de Gestão de Águas Pluviais: Plano Diretor de Drenagem Urbana", definiu como princípios básicos para um plano diretor de drenagem urbana os seguintes aspectos:

1) O Plano Diretor de Drenagem Urbana faz parte do Plano Diretor Urbano.
2) O escoamento, durante os eventos chuvosos, não deve ser ampliado pela ocupação da bacia;
3) Os impactos provenientes de quaisquer medidas não devem ser transferidos em mitigação,
4) O plano deve prever a minimização do impacto ambiental devido ao escoamento pluvial,

5) A regulamentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana deve contemplar o planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas,
6) O controle deve ser realizado considerando a bacia em sua totalidade e não somente em trechos isolados;
7) O controle de enchentes é um processo permanente,
8) A participação de engenheiros, arquitetos, agrônomos e geólogos, entre outros profissionais, da população e dos administradores públicos é essencial para que as decisões públicas sejam tomadas conscientemente por todos,
9) O custo da implantação das medidas estruturais, da operação e da manutenção da drenagem urbana deve ser transferido aos proprietários dos lotes, proporcionalmente à área impermeável – que é a geradora de volume adicional – quando em referência às condições naturais,
10) O controle do escoamento urbano deve priorizar a sustentabilidade, distribuindo as medidas para aqueles que produzem o aumento do escoamento e a contaminação das águas pluviais,
11) É essencial uma gestão eficiente na manutenção de drenagem e na fiscalização da regulamentação.

Em consonância a isso, Mota (s.d.) completa que o principal objetivo do PPDU é criar um mecanismo de gestão para a bacia hidrográfica, o zoneamento urbano e as estruturas de macro e microdrenagem, melhorando as condições de saneamento e a qualidade de vida da cidade. Ele representa um pacote de medidas sustentáveis, preventivas, compensatórias, estruturais ou não, e visa minimizar os impactos negativos na drenagem urbana.

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial, evitando os prejuízos causados por enchentes. Já as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos (Bertoni; Tucci, 2003). Miyazawa, Takayama e Yamasaki (2009) consideram que as medidas não estruturais se baseiam, principalmente, na legislação, de modo a controlar ou impedir a instalação de empreendimentos futuros. Quanto às medidas estruturais, as mais comuns são a combinação de reservatórios de detenção ou retenção das águas pluviais dentro de cada sub-bacia. Exemplos dessas bacias são vistos com frequência na cidade de Belo Horizonte,

como a de detenção Santa Lúcia e Córrego do Leitão, com medidas estruturais que ajudam a conter o escoamento das águas pluviais.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana vem sendo utilizado em diversos países desenvolvidos, como os Estados Unidos, a França e a Austrália. Na América do Sul, cidades como Buenos Aires, Lanús e Resistência estão em fase de elaboração do PPDU. No Brasil, as cidades de Porto Alegre, Caxias do Sul e Curitiba já estão usando os resultados desse plano nos planejamentos de bacias urbanas (Allasia *et al.*, 2003).

A principal vantagem da utilização do PDDU como instrumento de gestão é a obtenção futura de menores custos e benefícios em tempo curto para a sociedade e o meio ambiente (Marques, 2006). Tal consideração vai ao encontro da concepção de Assae, Câmara e Fugita (1979), que também consideram a obtenção simultânea de menores custos e melhores resultados como a principal vantagem do planejamento. Assae, Câmara e Fugita (1979) acrescentam, ainda, que a elaboração do PDDU é complexa e precisa da adoção de critérios básicos de planejamento para o sistema de drenagem inicial, para a macrodrenagem e para o programa de desenvolvimento das obras.

1.6.2 Plano Municipal de Saneamento Básico

O plano de saneamento básico ou ambiental compõe a gestão pública integrada e interage diretamente com o Plano Diretor (Tucci, 2005). Segundo Muniz (2014), a institucionalização do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) pode ser considerada um marco no exercício de planejar e um elemento que corrobora o Plano Diretor municipal.

No Brasil, o saneamento básico é considerado um direito assegurado pela Constituição (Brasil, 1988) e definido pela Lei n. 11.445/2007 (Brasil, 2007c) como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais, além de limpeza urbana e fiscalização preventiva das respectivas redes de distribuição e coleta (Brasil, 2007b). Esses serviços, além de favorecer a

manutenção da saúde pública, garantem a segurança da vida e do patrimônio público e privado, dado que são capazes de reduzir o risco de alagamentos, enchentes por sobrecarga de fluidos, inundações por refluxos e, também, movimentos em massa, como deslizamentos e subsidências, ocasionados por vazamentos que aumentam o escoamento subsuperficial.

Segundo Souza (2013), um dos aspectos marcantes da Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) é considerar a drenagem urbana no escopo do saneamento básico, incluindo a terminologia "manejo de águas pluviais", promovendo uma significativa mudança de abordagem da temática. Logo, essas definições têm consequências diretas na maneira como a municipalidade tratará os problemas de alagamentos e inundações, bem como os princípios a serem adotados, por parte do corpo técnico e administradores, nas suas concepções (Goldenfum, 2017).

Do mesmo modo, Capanema (2022) reitera que a Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) promoveu importantes avanços no tratamento normativo do setor, dentre eles, a obrigação de os municípios elaborarem os planos municipais de saneamento. Tal obrigatoriedade foi regulamentada pelo Decreto n. 7.217/2010, o qual definiu que, a partir do ano de 2014, elaboração do PMSB seria "[…] *condição para o acesso aos recursos orçamentários da União ou aos recursos de financiamentos geridos ou administrados por órgão ou entidade da administração pública federal, quando destinados a serviços de saneamento básico*" (Brasil, 2010, s.p.). No entanto, esta cláusula foi modificada cinco vezes até 2023, todas prorrogando o prazo, que, atualmente, é 31 de dezembro de 2024 (Brasil, 2023b), através do: Decreto n. 8.211 (Brasil, 2014); Decreto n. 8.629/2015 (Brasil, 2015); Decreto n. 9.254/2017 (Brasil, 2017a); Decreto n. 10.203 (Brasil, 2020b); Decreto n. 11.467/2023 (Brasil, 2023b).

Além dessas modificações nos prazos estabelecidos pelo decreto regulamentador, a Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c) sofreu cerca de onze alterações no decorrer desses dezesseis anos, sendo a última, no ano de 2020, pela Lei n. 14.026 (Brasil, 2020d), denominada de "marco do saneamento". Nesta, destaca-se a exclusão do art. 10, o qual versava sobre o saneamento rural e protegia populações vulneráveis de acordo com a renda (Brasil, 2020d). Outra questão a ser ressaltada é que o novo marco

> "[…] *induz à privatização dos serviços de saneamento ao fragilizar a autonomia municipal relativa à titularidade do serviço, bem como representa a fragmentação da própria Política Nacional de Saneamento, porque o manejo dos resíduos sólidos e a drenagem das águas pluviais, que são dois pilares da política, sequer são considerados pelo novo marco*" (Gonçalves; Silva, 2020, p. 87).

Tais questões acerca da Política Nacional de Saneamento são colocadas em pauta por interagirem diretamente com o fator vulnerabilidade e planejamento. Portanto, é um tema e um plano imbricado ao planejamento urbano, territorial e à própria gestão e prevenção de riscos de desastres.

Nesse sentido, Dulac e Kobiyama (2017) reforçam que, dentre as diversas políticas que influenciam e são influenciadas por questões relacionadas aos riscos de desastres naturais, destacam-se aquelas voltadas aos recursos hídricos, saneamento e defesa civil. Para os autores, ações voltadas à integração dessas temáticas podem contribuir para implementar ou melhorar o sistema de drenagem e minimizar os desastres provocados por chuvas intensas e recorrentes.

Diante disso, nota-se que a elaboração dos planos de saneamento requer planejamento integrado, construção coletiva e perspectiva estratégica que assegurem transformá-lo em ação efetiva. A participação de todos os sujeitos e linguagem acessível e clara são fundamentais na sua construção.

Apesar disso, ainda são grandes as dificuldades para elaboração e implementação, sobretudo devido à indisponibilidade de recursos financeiros e à extinção do Ministério das Cidades (entre 2019-2022). Outra limitação é a falta de qualificação profissional e de capacidade técnica municipal para estruturação do plano. Todavia, segundo Heller, Lisboa e Silveira (2013), esta última pode ser parcialmente resolvida mediante a capacitação e/ou contratação de profissionais habilitados à função.

1.6.3 Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civil

A Lei Federal n. 12.608, de 10 de abril de 2012 (Brasil, 2012b), institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil, com o intuito principal de reduzir os riscos de desastres, preveni-los e, quando ocorridos, prestar socorro e assistência às populações atingidas. A secretaria executiva responsável por essa estrutura de proteção e defesa civil é a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, sob interlocução do Ministério do Desenvolvimento Regional.

As ações do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil se dão de forma multissetorial, ou seja, baseadas em uma escala hierárquica administrativa que se dá em três níveis: federal, estadual e municipal. Ao nível federal, compete, dentre outras, formular, orientar e conduzir a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em articulação com os estados e municípios. À hierarquia estadual, compete a coordenação, o monitoramento e a identificação das áreas de suscetibilidade, perigo e risco em conjunto com os municípios, possibilitando, assim, a elaboração do Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil. Já aos municípios, compete, dentre outras, a execução da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil em âmbito local, a identificação e o mapeamento das áreas de risco de desastres, a vistoria e a incorporação das ações de proteção e defesa civil no planejamento municipal (Brasil, 2012b).

Para a execução dessa competência, o Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civil (PCPDC) se torna instrumento fundamental, pois funciona como um suporte para a estruturação das ações específicas de preparação à resposta aos desastres. Segundo Margarida *et al.* (2013), esses planos são elaborados para responder às hipóteses específicas de desastres e devem integrar os planos diretores, pois correspondem a um planejamento tático elaborado a partir de uma possibilidade de desastre.

A elaboração desse documento compõe as atribuições da escala municipal no Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, sendo permitido o apoio do estado tanto na produção como na divulgação. A existência dele é capaz de promover e auxiliar importantes alterações nas políticas de desenvolvimento urbano a partir

da ideia de prevenção, planejamento, organização e mitigação (Menegat, s.d.). Nele, são estabelecidos procedimentos para ações de resposta aos desastres, além de informações sobre as áreas de suscetibilidade e risco presentes no território municipal ou ambiente urbano. Desse modo, é um instrumento de defesa civil que procura fornecer maior segurança aos moradores de áreas de risco de movimentos em massa e inundações, por isso, deve ser elaborado em situação de normalidade, de modo preventivo e anterior ao possível desastre (Araújo; Bertuzzi; Freitas, 2018; Brasil, 2017b; Ferentz; Garcia, 2020; Fernandes *et al.*, 2017).

Assim, considerando que parte dos objetivos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil é incorporar a redução de risco de desastre (Brasil, 2012b) e danos sociais e econômicos às ações de proteção e defesa civil, os PCPDCs podem ser considerados documentos fundamentais e inerentes à gestão e ao planejamento da paisagem urbana e territorial. Portanto, ressalta-se que é elementar o alinhamento entre o PCPDC e o Plano Diretor municipal.

1.7 Considerações gerais

Os termos, conceitos e nomenclaturas abordados ao longo deste capítulo são essenciais para a compreensão da gestão, mas principalmente do estudo sobre riscos. Entender, primeiramente, que o meio natural pode apresentar suscetibilidade à ocorrência de determinados fenômenos e processos é o primeiro passo para associar que ocupar, ou estar inserido, em determinados espaços pode ser perigoso. Assim, a depender das condições socioeconômicas, culturais e estruturais desses espaços e pessoas, o risco pode ser maior ou menor, bem como o dano causado por um eventual desastre.

Nota-se que a ocorrência desses desastres e situações calamitosas tem apresentado aumento no decorrer das últimas décadas e que processos como inundações, alagamentos, enxurradas e movimentações em massa vêm sendo os principais responsáveis por tais danos. Em relação a esses processos, este capítulo se debruçou sobre a definição dos termos, deixando claro que as enchentes são processos naturais relacionados unicamente ao aumento do caudal normal do rio,

sem que haja transbordamento. No caso de extravasamento do leito, dá-se o nome de inundação. Já os alagamentos e as enxurradas são processos majoritariamente estruturais e relacionados à deficiência do sistema de drenagem e captação.

Como mencionado, esses eventos (ou processos) vêm sendo mais frequentes em diversas localidades do Brasil e do mundo, configurando-se, muitas vezes, em um desastre. A isso, pode-se associar não apenas as mudanças climáticas e as precipitações mais intensas, mas também a falta de planejamento e de gestão territorial que considere essa dinâmica da paisagem. Nesse sentido, planos e políticas públicas direcionadas ao planejamento, gestão de riscos e prevenção de desastres, quando elaborados conforme as especificidades locais e bem conduzidos, implementados e atualizados, são capazes de nortear tomadas de decisão e reduzir os riscos.

No entanto, para isso, o primeiro passo é analisar sistemicamente o espaço onde será desenvolvido o trabalho, as características naturais, estruturais, sociais, econômicas e culturais. Portanto, a elaboração do diagnóstico ambiental territorial se torna uma etapa imprescindível desse processo, devendo compor todos os aspectos mencionados, dentre outros. Tendo em vista a importância dessa etapa de conhecimento espacial, o capítulo subsequente apresenta a caracterização da área de estudo em questão a partir de seus aspectos físicos naturais, o histórico da formação do núcleo urbano e as características socioeconômicas.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE SÃO JOÃO DEL-REI

Este capítulo tem o intuito de apresentar as características locacionais, históricas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas, climáticas e socioeconômicas da área de estudo. Todas essas informações compõem, sistemicamente, a paisagem local e contribuem para a interpretação e a análise do meio, assim como para os processos e dinâmicas associados a ele.

A localização de cada cidade responde a uma lógica que resulta de necessidades e possibilidades existentes no momento em que ela nasce (Corrêa, 2004). O estudo das manifestações da natureza em suas diversas formas, presentes na paisagem local, é ponto de partida para uma compreensão mais ampla dessas relações entre sociedade e natureza. Por meio dessa análise, é possível inferir, inicialmente, porque a natureza favorece o desenvolvimento de determinadas atividades e não de outras, devido à ocorrência de certos processos de natureza física e, até mesmo, a forma e a geometria urbana dessa cidade (Brasil, 1998).

Nesse sentido, para realizar um estudo relacionado à paisagem e aos processos decorrentes e formadores dela, primeiramente é necessário um diagnóstico ambiental por meio de estudos sobre os aspectos físicos, bióticos e antrópicos inseridos nessa paisagem (ou território) (Souza, 2011). Com isso, inicia-se um processo de compreensão mais amplo e sistêmico dos processos, das noções de posição, localização, região, sítio, extensão e outros que caracterizam a paisagem local e as paisagens de forma geral (Brasil, 1998). A partir disso, cria-se uma base de entendimento sobre o meio, o que é fundamental para representar, modelar e propor intervenções em um dado espaço. Desse modo, nas seções a seguir, serão descritas e representadas, por meio de mapas, características da área de estudo em questão, a começar pela localização geográfica.

2.1 Localização da área de estudo

A cidade de São João del-Rei está localizada entre as coordenadas geográficas 44º15'00"W e 21º7'30"S[5] (fig. 10), Mesorregião do Campo das Vertentes, estado

[5] O Sistema de Coordenadas Geográficas empregado neste mapa difere dos demais (UTM) devido à necessidade de representar a localização em nível nacional.

de Minas Gerais, Brasil. O município possui 1.452 km² e faz limite com Barbacena, Carrancas, Conceição da Barra de Minas, Ibertioga, Madre de Deus de Minas, Nazareno, Piedade do Rio Grande, Prados, Santa Cruz de Minas, Ritápolis e Tiradentes. Apesar da extensão territorial, a sede municipal, com cerca de 17,5 km², está localizada no extremo nordeste do município, entre planícies de inundação, encostas íngremes e conurbada à Santa Cruz de Minas. Tal posição geográfica está associada ao momento histórico de formação do núcleo urbano datado do final do século XVII (Corrêa, 2004).

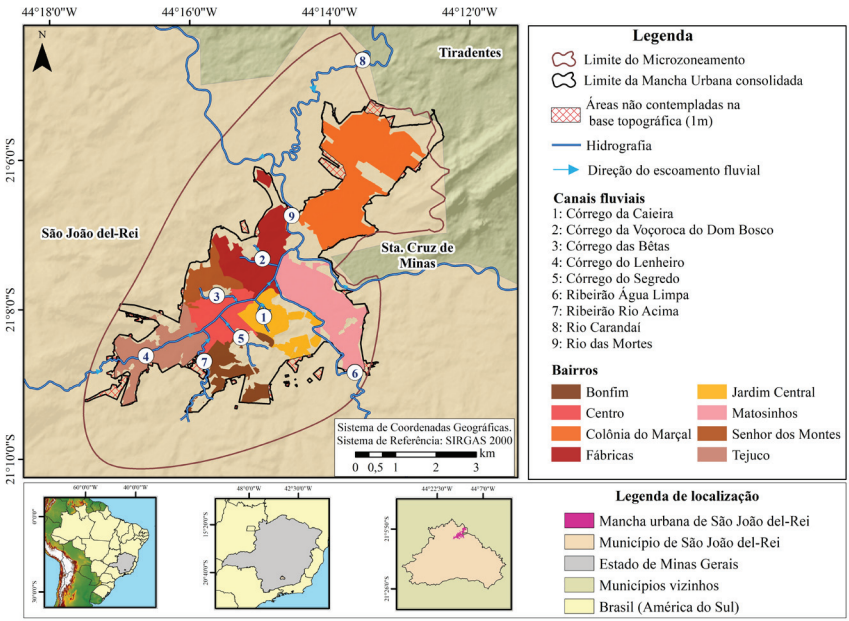


Fig. 10 - Localização da cidade de São João del-Rei/MG (Fonte: Ferreira, 2023).

2.2 Histórico de urbanização

A história de ocupação do município de São João del-Rei data do final do século XVII e início do século XVIII, diretamente ligada à exploração aurífera desse período (Santos, B., 2017).

O núcleo primitivo de povoamento surgiu às margens do Rio das Mortes, entre a atual Santa Cruz de Minas e São João del-Rei (Barbosa, 2019). A partir disso,

com a descoberta do ouro na Serra do Lenheiro, desenvolveu-se o Arraial de Nossa Senhora do Pilar. Posteriormente, por sua prosperidade, o arraial subiu à Vila de São João del-Rei e, logo, à sede da Comarca do Rio das Mortes. No ano de 1838, a Vila de São João del-Rei foi elevada à categoria de cidade. Nesse período, o Estado, ainda metrópole portuguesa, foi o agente condutor da formação urbana de São João del-Rei, pautado na busca por terras brasileiras para acumulação do ouro (Silva, 2018). Enfatiza-se que a expansão do núcleo urbano do povoado não se deu de forma diferente da maioria das cidades do mundo, nas margens dos rios.

O vale do Córrego do Lenheiro cortava o povoado e dividia duas encostas: de um lado a Serra do Lenheiro e do outro o Morro da Forca e do Matola (atualmente Bonfim e Vila Marchetti, respectivamente). Essas duas últimas nunca deram mostras da existência de ouro, por isso, foram destinadas à construção de confortáveis casas de pessoas ligadas ao controle e à administração da Coroa Portuguesa (Maldos, 2000).

Segundo Andrade (2013), a ocupação da vila ocorreu de forma desordenada e irregular, em desarmonia com a paisagem natural, direcionando-se, sobretudo, à área próxima à extração do mineral, à esquerda do Córrego do Lenheiro. Nesse momento, vivenciou-se um pequeno caos no núcleo urbano, pois, com a mineração na encosta da Serra do Lenheiro, iniciou-se na área o erguimento de casebres provisórios, os "ranchos de capim".

De modo a evitar a ocupação da encosta minerária, autoridades publicaram o Bando (legislação colonialista) de 15 de abril de 1714, o qual ordenava que todos os ocupantes do lugar deveriam se mudar dentro de um ano para a parte destinada à fundação da vila, e o não cumprimento era passível de punição (Maldos, 2000).

No ano anterior, em 1713, as autoridades locais já buscavam condicionar a população a ocupar determinadas áreas, com "*uma visão urbanista prevendo o crescimento da futura urbe*" (Câmara, 1975). Nesse mesmo ano, foi instalado um pelourinho no Matola, com o objetivo de, futuramente, direcionar o processo de urbanização. Todavia, este não ocorreu nessa direção e o pelourinho, no decorrer do tempo, foi realocado para Prainha e Morro da Forca (Bonfim) (Andrade, 2013).

Registros apontam que, em torno do ano de 1750, foram solicitadas posses de títulos para a ocupação da margem direita do Córrego do Lenheiro, próximo à Ponte da Intendência (atualmente, Escola Maria Tereza) (Maldos, 2000). No

entanto, só a partir do século XX que a expansão se consolidou como área central, popularmente conhecida como Centro Novo (Andrade, 2013) (fig. 11).

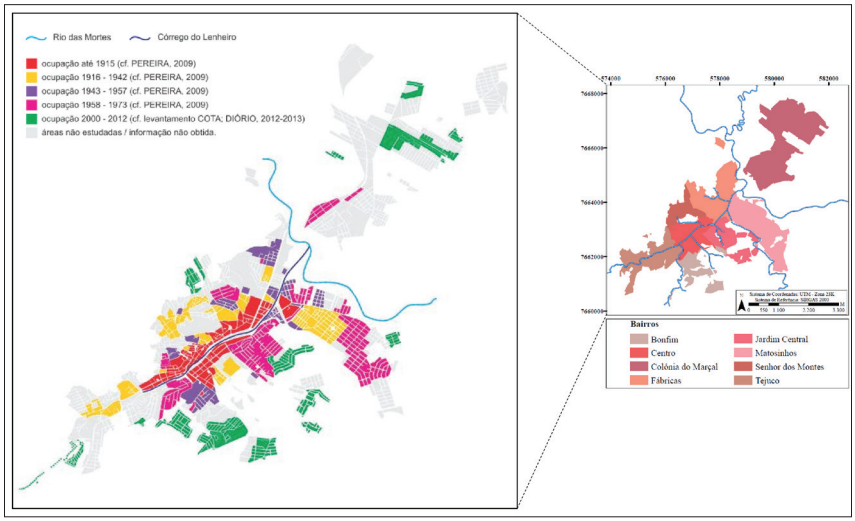


Fig. 11 - Histórico e expansão urbana de São João del-Rei
(Fonte: Adaptada de Cota e Diorio, 2013, Pereira, 2009 e Silva, 2018).

Com a decadência do ouro, ainda no século XVIII, o comércio local e o setor agrícola começaram a ser impulsionados como forma de readaptação econômica (Maldos, 2000). A consolidação comercial ao longo do século XIX atraiu a malha ferroviária e a instalação de indústrias têxteis. Com isso, trouxe também a mão de obra de imigrantes europeus, consequentemente, o aumento dos índices de densidade demográfica (Andrade, 2013).

A presença da linha férrea e da estação ferroviária contribuiu para o estabelecimento de novas moradias ao longo do traçado, gerando nova dinâmica socioespacial e expansão aliadas à questão econômica. Foi a partir desse cenário que os trilhos aproximaram o centro da cidade do então Arraial de Matozinhos e da Colônia do Marçal (Silva, 2018). Nesse mesmo período, o processo de expansão nas margens a jusante do Córrego do Lenheiro também foi intensificado, e ruas foram abertas ou prolongadas paralelamente, atraindo usos comerciais, industriais e institucionais (Cota; Diorio, 2013).

A ferrovia, que nascia no centro da cidade, bifurcava-se no sentido da atual Leite de Castro e do bairro Matosinhos. Nessas áreas, nas imediações da ferrovia, instalaram-se indústrias têxteis, como: Companhia Industrial São Joanense (1891), Fábrica Brasil Fiação e Tecelagem (1911), Fábrica de Tecidos Matosinhos S/A (1930), Tecelagem Dom Bosco Ltda. (1937) e Fiação e Tecelagem São João (1947), além de conjuntos habitacionais para abrigar a mão de obra (Santos, B., 2017).

Para Andrade (2013), o fim do século XIX e início do XX foram períodos de significativa expansão do núcleo urbano e comercial a partir da ferrovia. Com isso, houve a potencialização do desenvolvimento industrial e comercial da cidade, e, como resultado, um novo fôlego para a economia local e o crescimento populacional (Silva, 2018). Ao final do século XIX, São João del-Rei foi indicada como a sede da nova capital do estado de Minas Gerais e perdeu, sequencialmente, para a antiga Curral Del Rey (Andrade, 2013).

No início do século XX, mais precisamente em 1913, existiam, aproximadamente, 3 mil edificações em São João del-Rei (Andrade, 2013). Três décadas depois, nos anos de 1940, a população urbana já era quantitativamente igual à rural, diferenciando-se, ainda, de muitos centros urbanos (Cota; Diorio, 2013). Entretanto, o nascimento de Belo Horizonte e a ascensão de novos centros, como Juiz de Fora, gradativamente reduziram o raio de influência de São João del-Rei (Cota; Diorio, 2013). A partir de 1950, houve, também, a substituição do modal de transportes e recessão na década de 1960. Esses acontecimentos enfraqueceram a posição hegemônica de São João del-Rei como centro regional (Cota; Diorio, 2013) e contribuíram para a desindustrialização local em detrimento do deslocamento setorial para a região central do estado (Silva, 2017).

A diversificação das atividades, especialmente com a valorização dos serviços de educação e saúde já existentes desde a década de 1940 e 1950, contribuiu para que a cidade mantivesse determinada influência política e econômica (Cota; Diorio, 2013; Pereira, 2009). Assim, na década de 1970, na qualidade de cidade-polo de uma mesorregião economicamente deprimida, São João del-Rei passou a atrair emigrantes da zona rural e de municípios próximos. Esse processo intensificou a constituição e ampliação de novas periferias (Carneiro, 2009).

Segundo Pereira (2009), a ocupação das áreas, entre 1940 e 1970, evoluiu no formato "espinha de peixe" a partir das vias marginais ao Córrego do Lenheiro.

Posteriormente, houve um novo padrão de crescimento urbano, sobretudo sentido a Colônia do Marçal e Tejuco[6]. Houve, também, adensamentos no entorno do centro da cidade, como nas encostas de Bonfim, Guarda Mor, São Geraldo, São Dimas e Senhor dos Montes (Silva, 2018). Ressalta-se que esses bairros já existiam e o último tinha desestímulo à ocupação desde o início do século XVIII (Cota; Diorio, 2013; Maldos, 2000).

Em 1980, 85% da população do município era urbana, algo característico das médias e grandes cidades do Brasil, que, nesse período, possuíam 67,5% da população nessas áreas (Sistema IBGE de Recuperação Automática [SIDRA], s.d.). Entre 1985 e 2015, a cidade expandiu territorialmente em 200%, passando de 5,71 km² para 17,21 km² (Rosa *et al.*, 2018). Atualmente, estima-se que a população local seja de 90.897 habitantes (IBGE, 2021), e a cidade vive uma constante expansão acompanhada de alta especulação imobiliária, sobretudo no setor Colônia do Marçal (Andrade *et al.*, 2014).

2.3 Geologia

São João del-Rei, conforme Sousa (1943, p. 27), é "*a ponta sul da Serra que vai morrer na planície*" do Rio das Mortes, dando lugar aos filitos grafitosos e sericíticos, ou xistos vermelhos decompostos. Nessa área rebaixada, entre a Serra do Lenheiro e a Serra de São José, observa-se descoberto o cristalino decomposto, correspondendo, possivelmente, a uma intrusão granítica (Sousa, 1943). No ano de 1929, a área já era objeto de estudo do Departamento Nacional da Produção Mineral, a partir do engenheiro Alberto Ildefonso Erichsen. Até 1943, esse era o estudo geológico mais completo da área (Sousa, 1943).

Em 1972, Francesconi fez o reconhecimento da área a partir de fotografias aéreas e trabalhos de campo em escala maior. As análises do autor consideram que a litologia da região de São João del-Rei é composta basicamente por gnaisses graníticos, anfibólios xistos, xistos, granitos, quartzitos, calcários e intrusivas básicas (Francesconi, 1972).

---

[6] Nome com dupla grafia: Tejuco (conforme o IBGE) e Tijuco (documentos históricos e outros).

Estudos mais recentes, como o de Aruzzo (2016), destacam que a área está situada na borda sul do Cráton do São Francisco, que compreende complexos gnáissicos e faixas do tipo *greenstone belt* resultantes de parte de uma plataforma estabilizada no Neoarqueano e Paleoproterozoico. Nas serras que contornam a cidade de São João del-Rei, Serra do Lenheiro e São José, ocorre a formação de faixas íngremes que compõem o Cinturão Mineiro (Aruzzo, 2016).

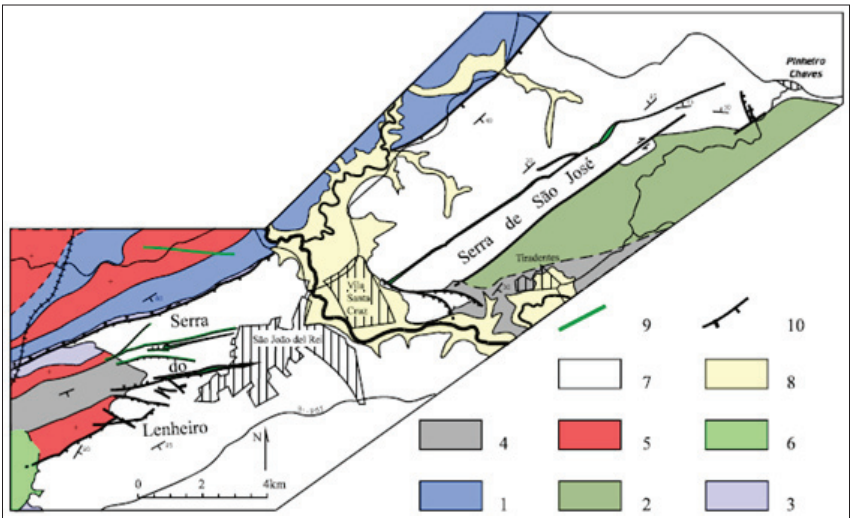
Inserida no Grupo São João del-Rei, uma unidade litoestratigráfica proterozoica preponderante na região centro-sul de Minas Gerais, a área de estudo compõe a chamada Formação Tiradentes. O Relatório Radam (Projeto Radambrasil, 1983), Folhas SF.23/24, identifica nessa formação complexos litológicos compostos por metarenitos ortoquartzíticos, metarenitos sericíticos, com níveis de metarenitos conglomeráticos, metaconglomerados, metassiltitos e metarcóseos intercalados.

Mais precisamente, na Serra do Lenheiro, observa-se a presença de diques de metabasitos, cortando a Formação Tiradentes do Grupo São João del-Rei. Essas rochas estão alteradas e com atitudes duvidosas, porém, podem ser cogenéticas à atividade básica (Projeto Radambrasil, 1983). Segundo Noce (1988), essa formação tem ocorrência restrita às cidades de São João del-Rei e Tiradentes, e é composta, predominantemente, por quartzitos somados a metaconglomerados e rochas filíticas (fig. 12).

No decorrer do tempo histórico, foram numerosos os trabalhos abordando a geologia econômica de São João del-Rei em escala. Todos eles se referem às ocorrências de ouro, cassiterita e minerais tantalíferos e radioativos ligados primariamente a pegmatitos (Coutinho, 1968).

O mapeamento mais recente da área de estudo foi o Mapa Geológico e de Recursos Minerais da Folha São João del-Rei (SF.23-X-C-II-1), elaborado pelo Serviço Geológico Nacional (Ávila *et al.*, 2019), na escala de 1:50.000 (fig. 13).

Nota-se que a litologia da área de estudo é composta basicamente por materiais metamórficos e sedimentares (fig. 13),. Segundo a classificação litológica de suscetibilidade a deslizamentos (IBGE, 2019), em uma escala de 1 (menor potencialidade) a 10 (maior potencialidade), os litotipos possuem o seguinte grau de suscetibilidade (Tabela I).



Legenda: (1) Sericita filito, clorita filito, quartzito, biotita gnaisse fino; (2) Metabasitos, metafelsitos, metagranitoides e metagabro; (3) Quartzito, clorita filito e sericita filito; (4) Sericita filito e rochas metaultramáficas; (5) Metagranitoide; (6) Metagabro; (7) Sucessões proterozoicas das formações Tiradentes (Serras do Lenheiro e São José), Barroso, Prados e do Grupo Andrelândia; (8) Depósitos fluviais do Rio das Mortes; (9) Diques de metabasito; (10) Falhas.

Fig. 12 - Embasamento da Formação Tiradentes em São João del Rei (Fonte: Aruzzo, 2016, p. 4).

TABELA I - Suscetibilidade litológica a processos de deslizamento.

Litologia	Nota	Observações locais sobre a posição no relevo
Metapelito	7	Estende-se de fundo de vale à encosta
Argila, Cascalho, Silte	8 -10 - 10	Refere-se a planícies de inundação
Calcifilito (Filito, Metassiltito)	7 - 8	Estende-se de fundo de vale à encosta
Calcissiltito (Xisto, Metagravuaca)	5	Estende-se de fundo de vale à encosta
Metaconglomerado	6	Estende-se de fundo de vale à encosta

Fonte: Adaptada de IBGE, 2019.

A partir dessa referência de suscetibilidade, pode-se inferir que grande parte do sítio urbano de São João del-Rei possui litologias que favorecem a ocorrência de deslizamentos. Além disso, a presença de argila, cascalho e silte em áreas próximas aos corpos hídricos podem estar relacionadas, também, à oscilação histórica do nível das águas. Entretanto, ressalta-se que os estudos não possuem escala de detalhe. São análises regionais que podem generalizar ou omitir particularidades do substrato geológico do sítio urbano de São João del-Rei. Mapeamentos geológicos

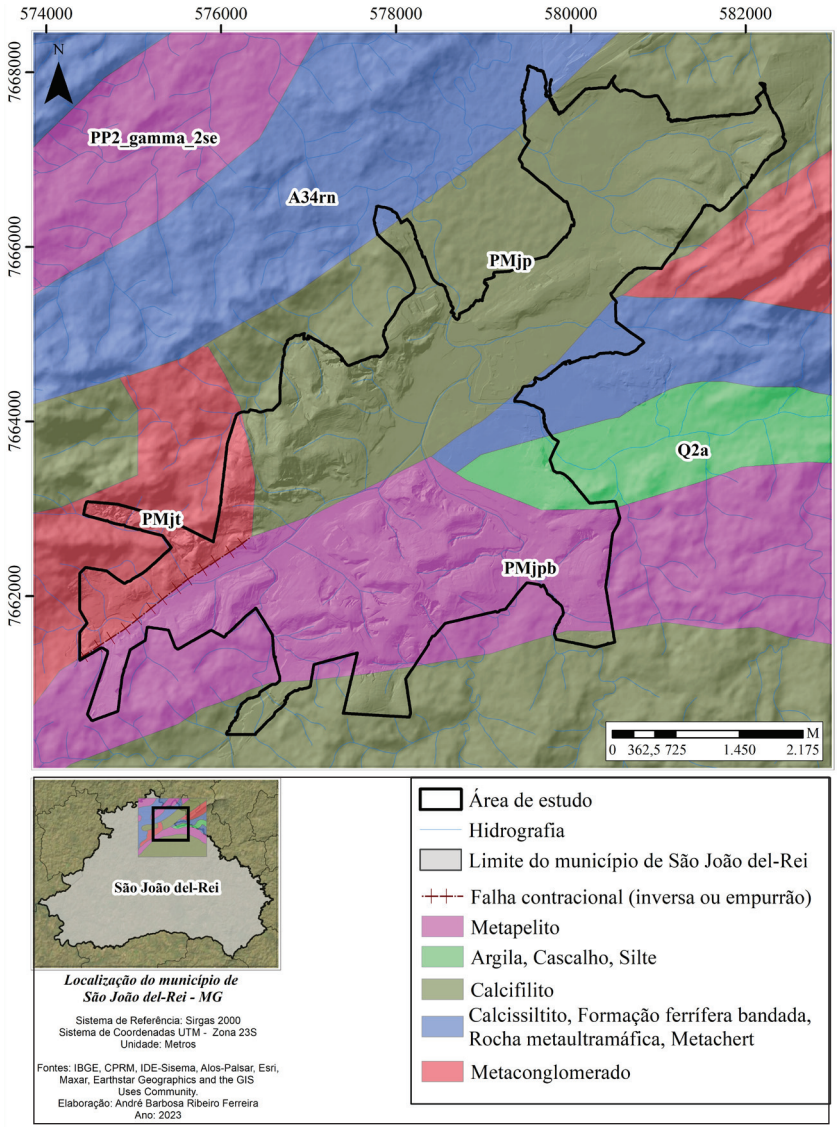


Fig. 13 - Geologia da cidade de São João del-Rei na escala de 1:50.000 (Fonte: Ferreira, 2023).

dificilmente são elaborados em escala local e de detalhe, pois além de onerosos e distantes do interesse das prefeituras municipais, são dificultados pela consolidação do espaço urbano e pelas modificações que este ocasiona no meio.

2.4 Geomorfologia

A geomorfologia peculiar de São João del-Rei compõe, inicialmente, a formação histórica da cidade, que, por diversos autores, é descrita como encravada entre vales e encostas. De acordo com Brasileiro, Dangelo e Lemos (2013), depois do Córrego do Lenheiro, a geomorfologia da Serra do Lenheiro representa o segundo elemento referencial da formação de São João del-Rei, dominando o horizonte (fig. 14).

Fig. 14 - Vista de São João del-Rei, Aquarela de Rugendas, 1824
(Fonte: Memorial del-Rei, 2020, s.p.).

Saadi e Valadão definem (1990), em estudos regionais, a Serra do Lenheiro como uma estrutura em *hogback*, com linha de crista culminando a aproximadamente 1200 m e bases deprimidas compostas por colinas côncavo-convexas modeladas em filitos. Segundo Barbosa (2019), o complexo possui declividades que variam de 2º a 40º. Os valores mais acentuados ocorrem na parte central dos limites da serra, já as baixas declividades se concentram nos fundos de vale e topos aplainados.

Situada nos limites do complexo da Serra do Lenheiro, com altitudes que variam de 883 m a 1025 m, a cidade de São João del-Rei estende-se do fundo do vale, com baixas declividades, à encosta, onde as declividades se acentuam. Conforme análise e compartimentação regional do relevo (em escala de 1:25.000), a cidade está inserida, majoritariamente, em três complexos geomorfológicos diferentes, sendo eles, segundo Barbosa (2019):

1. Colinas com topo convexo ou predominantemente convexo-côncavas que compõem vales abertos e, eventualmente, vales encaixados;
2. Vales fluviais, terraços e várzeas; área aplainada resultante do acúmulo e dissecação fluvial que, sazonalmente, estão suscetíveis à inundação;
3. Vertentes retilíneas, formas com perfil longitudinal retilíneo e vales encaixados.

Desse modo, ressalta-se que, geomorfologicamente, a cidade de São João del-Rei se constituiu e se expandiu sobre três compartimentos: as encostas da Serra do Lenheiro; as colinas em formato côncavo-convexo que fazem a transição entre vales e encostas; e as planícies de inundação dos córregos do Lenheiro, Água Limpa, Rio Acima e, por conseguinte, Rio das Mortes.

Em uma análise menos detalhada (1:250.000), mas passível de representação (fig. 15), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2020) classifica a área em duas principais unidades geomorfológicas. A primeira, e predominante, é o Planalto do Campo das Vertentes, onde "*predominam os modelados em morros associados ou não a morrotes, com entalhe vertical médio a fraco*" (Ferraro; Marques Neto; Zaidan, 2016, s.p.). A unidade está inserida no domínio dos Cinturões Neoproterozoicos, caracterizados por uma extensa área onde são identificados planaltos, alinhamentos serranos, depressões interplanálticas de relevo plano ou dissecado, onde a erosão supera a sedimentação e forma topos de morros convexos. Estruturalmente, são superfícies dobradas e falhadas, compostas, em maior parte, por metamorfitos e granitoides associados (IBGE, 2009).

A segunda unidade geomorfológica é composta por planícies e terraços fluviais, as quais correspondem a áreas de acumulação de sedimentos fluviais que guardam informações sobre o contexto e as variações do regime sedimentológico ao qual o rio esteve exposto (Barros, 2012). No caso de São João del-Rei, essa unidade está associada, sobretudo, aos depósitos e variações do Rio das Mortes e Carandaí.

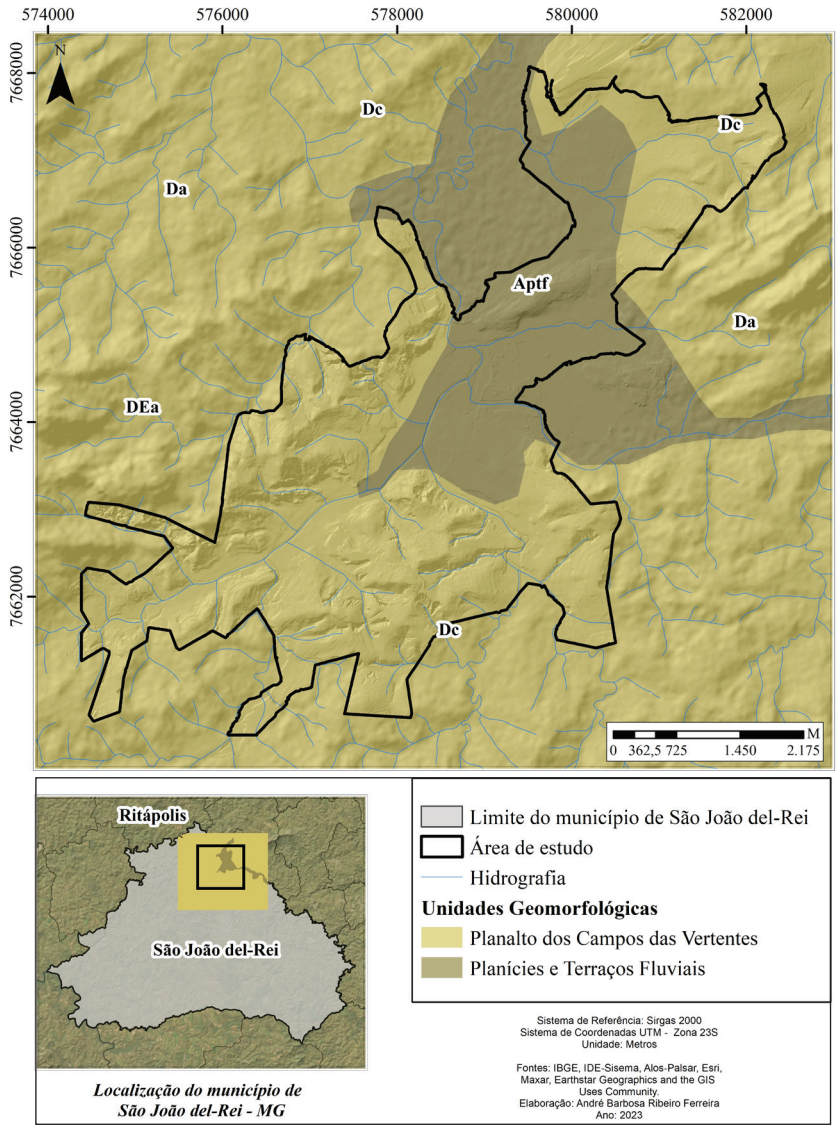


Fig. 15 - Unidades geomorfológicas de São João del-Rei na escala de 1:250.000 (Fonte: IBGE, 2020, s.p.).

2.5 Solos

Os levantamentos e classificações de solo no Brasil tiveram início principalmente a partir da década de 1940, motivados pelo alavancar da indústria e agroindústria no país. A identificação e o mapeamento dos tipos de solo são, respectivamente, informações e produtos importantes no planejamento e gestão territorial, pois esses materiais apresentam informações qualitativas e quantitativas que possibilitam a formulação de diretrizes de ocupação, preservação, recuperação e desenvolvimento (Antunes; Carvalho; Nunes, 2013; Chiba; Coelho; Valladares, 2008).

Apesar da importância desses mapeamentos, eles ainda são carentes de informações em escala de detalhe (Corrêa; Flach, 2017), ficando, assim, sujeitos a interpretações genéricas baseadas em análises regionais. É esse o caso de São João del-Rei, que possui como referência o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais em escala de 1:650.000 (Universidade Federal De Viçosa, 2013). Embora apresentados nessa caracterização da área, não são empregados nas análises, dado que, quando comparados à escala de 1:1.000, podem ser considerados genéricos e indutores de generalização nos modelos.

O referido mapa subdivide a área de estudo em dois grupos pedológicos (fig. 16). O primeiro, composto por latossolos vermelho-amarelo, abrange a maior parte do tecido urbano, especialmente as médias e baixas encostas. Conforme Almeida, Santos e Zaroni (s.d.), esses solos estão, geralmente, associados aos relevos plano, suave ondulado ou ondulado. Ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade. São solos profundos ou muito profundos que, em condições naturais, apresentam boa resistência aos processos erosivos (Andrade; Araújo; Dobbss, 2020). Quando distróficos, possuem baixa fertilidade.

O segundo grupo, classificado como cambissolo háplico, contempla a parte sudeste do sítio urbano e coincide com vertentes côncavo-convexas menos acidentadas. Esses solos são constituídos por material com horizonte B incipiente e suas particularidades podem variar significativamente de um lugar para o outro, podendo ser de fortemente, até imperfeitamente, drenados, rasos a profundos, de cor bruno ou bruno-amarelada, e de alta à baixa saturação (Empresa Brasileira

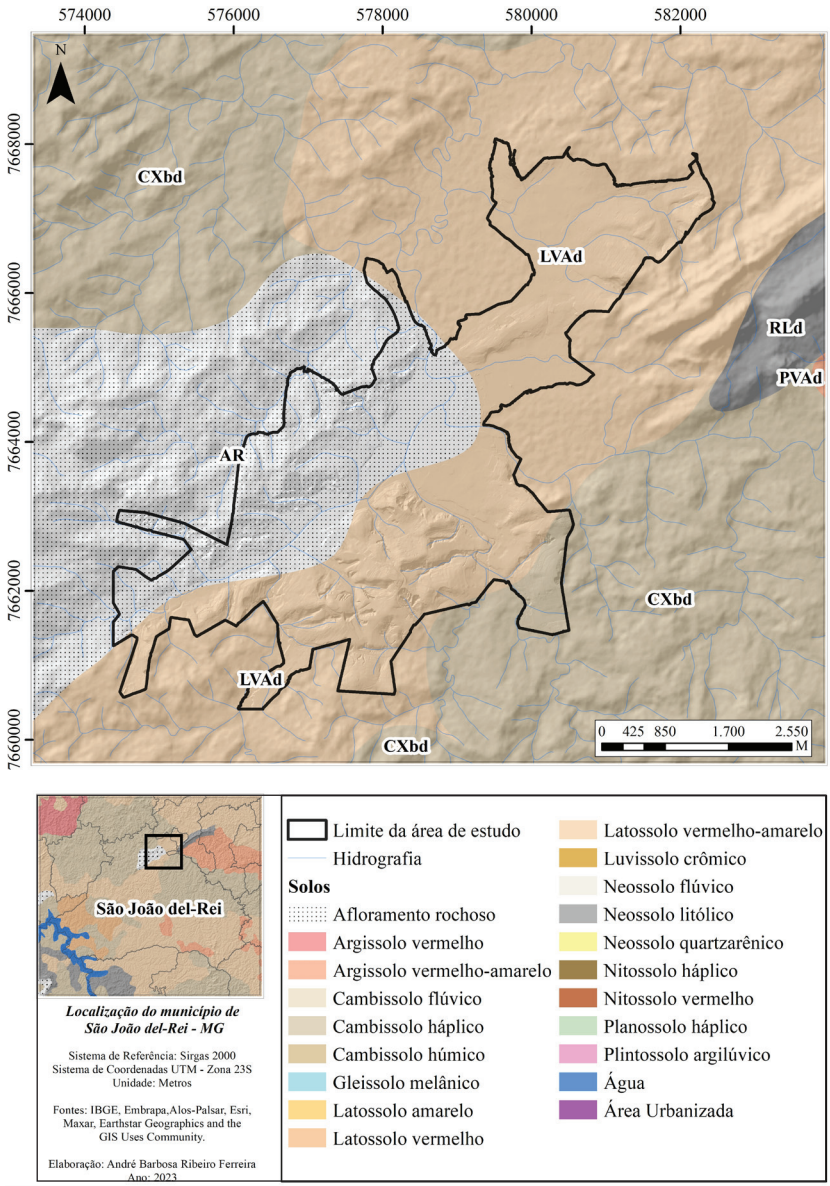


Fig. 16 - Mapa de Solos da cidade de São João del-Rei na escala de 1:650.000 (Fonte: Ferreira, 2023).

de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2013). Quando ocorrem em planícies fluviais, estão mais sujeitos a inundações (Mendes; Shinzato; Teixeira, 2010), já

em declividades acentuadas, apresentam limitações para uso, pois a pequena profundidade e a ocorrência de rochas e minerais na massa do solo (Almeida; Santos; Zaroni, s.d.) podem reduzir a resistência do material.

Além desses dois grupos, a classificação delimita os afloramentos rochosos, os quais tendem à formação de neossolos litólicos. Estes são compostos, basicamente, por materiais orgânicos e possuem profundidade inferior a 20 cm (EMBRAPA, 2013). Por essas características, são solos bastante suscetíveis aos processos de movimento em massa, principalmente planares, pois a rápida saturação do horizonte superficial e o contato com a zona de cisalhamento funcionam como lubrificantes, facilitando a movimentação do material (Mendes; Shinzato; Teixeira, 2010).

Apesar dessa classificação ser genérica, devido à macroescala de análise, infere-se que solos predominantes na área podem receber a nomenclatura empregada por Ladeira (2012): solos urbanos. Esse tipo de material se caracteriza por apresentar modificações em sua gênese natural, ocasionadas pela ação antrópica presente, principalmente em ambientes urbanos e industriais. Segundo Silva (2011), nas áreas urbanas consolidadas, não se pode dizer que há um solo propriamente dito, pois a dinâmica desse espaço pode descaracterizar, por meio de aterros, impermeabilizações e outros revolvimentos, o que convencionalmente é chamado de solo. No caso de São João del-Rei, destaca-se que a fundação do núcleo urbano data do período colonial e possui três séculos de intervenções antrópicas e histórico de mineração.

2.6 Hidrografia

O município de São João del-Rei estende seus limites sobre duas das oito Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos que compõem a Bacia Hidrográfica do Rio Grande; todavia, o perímetro urbano está inserido na Bacia do Rio das Mortes (GD2 – Bacia Hidrográfica Vertentes do Rio Grande). Esta bacia possui 6.606,41 km² e é composta por 36 municípios, sendo 9 deles totalmente inseridos na bacia, enquanto os outros 27 se inserem também em outras unidades de gestão hidrográfica (fig. 17).

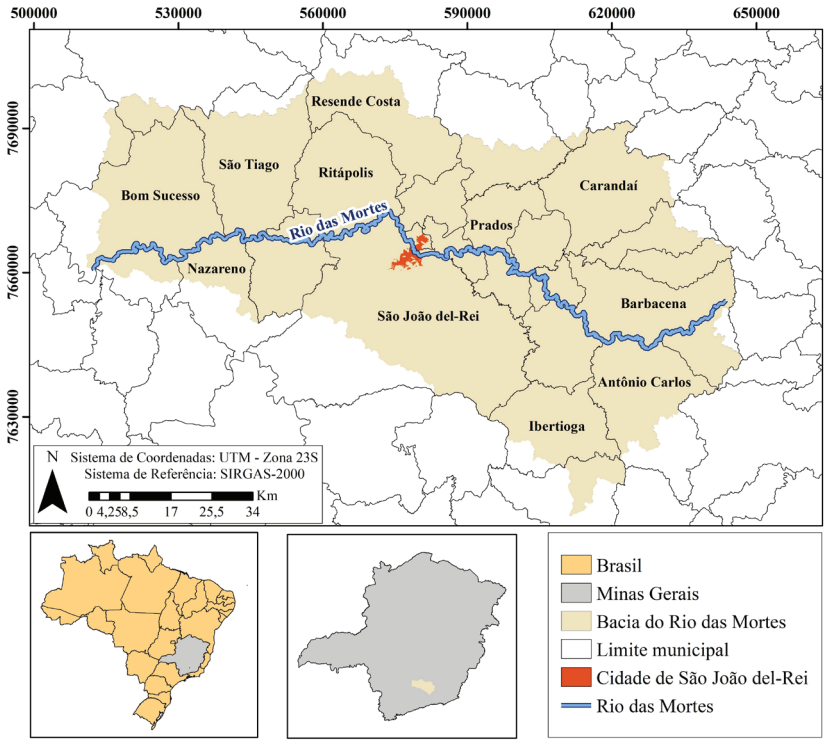


Fig. 17 - Localização da Bacia do Rio das Mortes (Fonte: Ferreira, 2023).

Cinco destes municípios têm o Rio das Mortes interceptando a área urbana e, dentre eles, destaca-se a cidade São João del-Rei, que possui:

- Maior número de habitantes;
- Aproximadamente 15% do limite urbano em declividades inferiores a 3%[7];
- Segunda maior extensão do rio dentro do seu limite, cerca de 5,9 km;
- Número significativo de tributários com canais superiores à 1ª ordem (Strahler).

Dentre os tributários do Rio das Mortes, no limite da cidade de São João del-Rei, destaca-se o Ribeirão Água Limpa (à esquerda) e o Rio Carandaí (à direita) (fig. 18).

[7] Análise regional efetuada em escala de 1:150.000 (SRTM-Topodata) para a Bacia do Rio das Mortes.

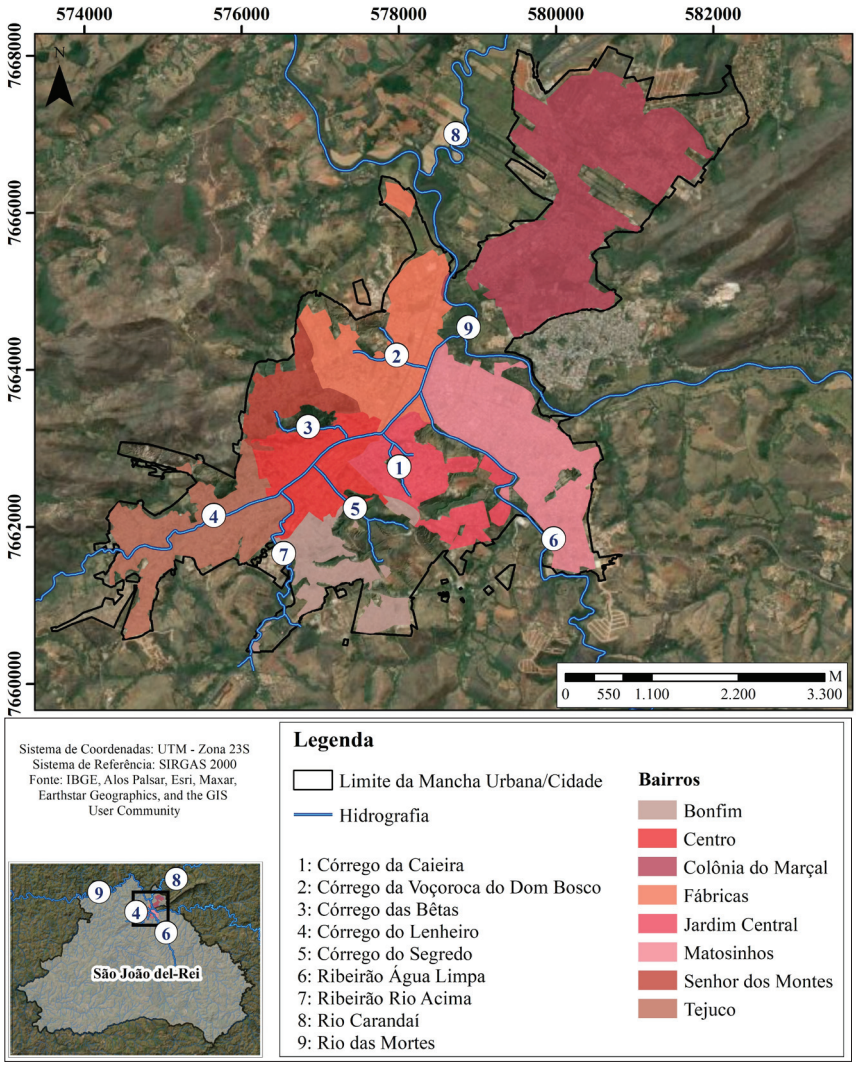


Fig. 18 - Hidrografia da cidade de São João del-Rei (Fonte: Ferreira, 2023).

A Bacia do Água Limpa possui 98 km² e é composta por três rios principais: Ribeirão Água Limpa, Córrego Rio Acima e Córrego do Lenheiro. O Córrego Rio Acima deságua no Córrego do Lenheiro, e este, no Água Limpa, nas imediações da confluência com o Rio das Mortes (fig. 19). Da área total dessa bacia, 10% correspondem ao perímetro urbano de São João del-Rei e sofrem as consequências da urbanização.

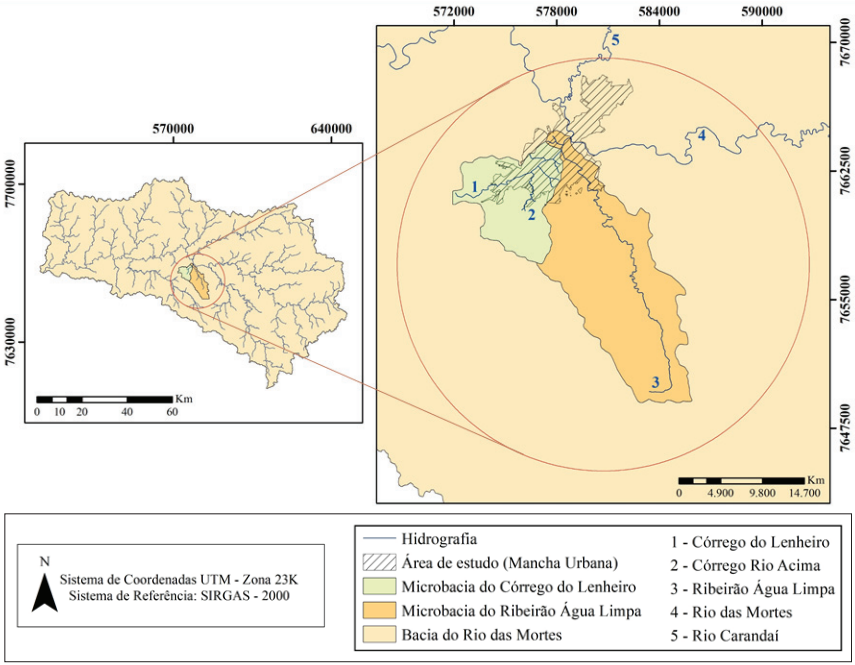


Fig. 19 - Bacia do Ribeirão Água Limpa e Microbacia do Córrego do Lenheiro (Fonte: Ferreira, 2023).

Já Microbacia do Córrego do Lenheiro (e Rio Acima) possui 27,59 km² (28,15% da Bacia do Água Limpa), sendo 21,7% deles compostos por área urbana, 19,02% por afloramentos rochosos, 10,8% de pastagem, 2,6% de solo exposto, 31,7% de vegetação rasteira e 13% de mata ciliar (Santos, T., 2017). O uso e cobertura da terra e o relevo dessa bacia potencializam o escoamento superficial e, segundo Guimarães (1963), duas horas de chuva são suficientes para que o rio se torne impetuoso.

Conforme mencionado, a Microbacia do Lenheiro compõe a do Água Limpa, desaguando o primeiro no segundo. Porém, visualmente, devido à constante intervenção antrópica em ambos os canais, o Ribeirão Água Limpa passou a desaguar no Lenheiro, tornando-se um pseudotributário. Essa modificação da paisagem fluvial urbana será retomada como parte dos resultados deste estudo.

2.7 Clima

O clima regional, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cwa, com verões úmidos e invernos secos. As maiores taxas de precipitação ocorrem entre os meses de outubro e março, sendo dezembro, janeiro e fevereiro o trimestre mais chuvoso, em que as médias regionais atingem 750 mm (Baruqui *et al.*, 2006).

Entre abril e setembro, os índices pluviométricos caem a níveis muito baixos, sobretudo nos meses de junho e julho, atingindo valores médios de 43 mm (Ferreira, 2017). A média anual de precipitação é de 1400 mm (Campos *et al.*, 2007).

Conforme o histórico de precipitações e temperaturas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), em São João del-Rei, os meses chuvosos são os mais quentes e a temperatura média desse período é de 28º. Já nos meses secos, abril a setembro, a temperatura cai e a média é de 9º (fig. 20).

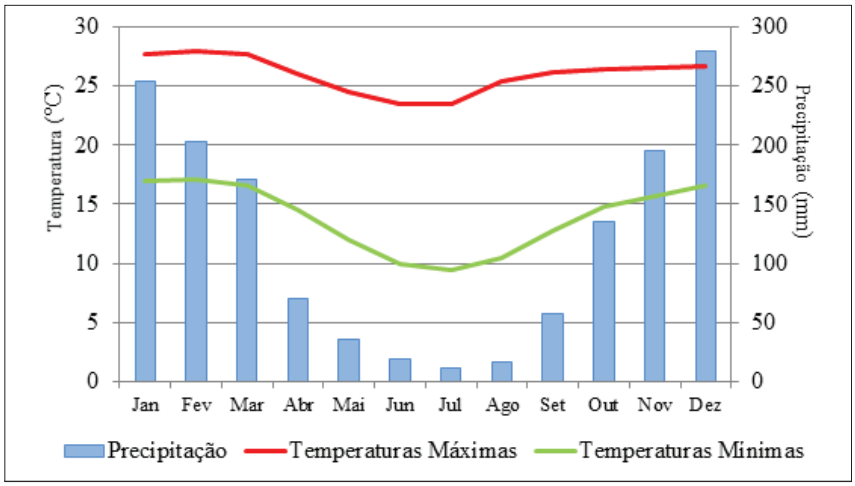


Fig. 20 - Histórico de precipitações e temperaturas em São João del-Rei entre os anos de 1931 e 1990 (Fonte: Dados extraídos de INMET , 2021).

2.8 Sociedade e Economia

O município de São João del-Rei é o mais populoso da microrregião de mesmo nome e o terceiro da Mesorregião do Campo das Vertentes. Segundo o Censo Demográfico de 2010, a população municipal é de 84.469 habitantes, sendo 79.857 residentes na área urbana e 4.612 na rural (SIDRA, s.d.). Entretanto, a estimativa para o ano de 2021 é de 90.897 habitantes (IBGE, 2021). A densidade demográfica municipal é de 57,5 hab/km², porém, a densidade urbana é de aproximadamente 4.338,5 hab/km², sendo os bairros Matozinhos, Senhor dos Montes e Tejuco os mais povoados (IBGE, 2010) (Tabela II).

Tabela II - Relação entre bairros e densidade demográfica.

Bairro	Área (km²)	População	Domicílios	Densidade demográfica (hab/km²)
Matozinhos	2,76	20.153	7.480	7.303,53
Senhor dos Montes	0,87	6.260	2.140	7.179,39
Tejuco	2,48	15.699	5.746	6.334,73
Centro	1,46	6.611	3.102	4.524,14
Bonfim	1,12	5.035	2.004	4.477,57
Fábricas	2,23	8.970	3.584	4.028,33
Jardim Central	1,50	3.292	1.327	2.190,65
Colônia	5,05	9.986	3.513	1.976,46

Fonte: Ferreira, 2023, com base em IBGE, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é considerado alto, na faixa de 0,758. Dentre os componentes do IDHM, a longevidade é o que mais colabora para esse resultado, sucedido pela renda e, por último, pela educação. A expectativa de vida no município é de aproximadamente 79 anos e a pirâmide etária, não diferente da tendência mundial, vem perdendo seu formato piramidal a partir do estreitamento da base e do alargamento do topo (PNUD, 2010).

A renda *per capita* municipal é de R$ 764,74 e o salário médio mensal dos trabalhadores formais é de 2,4 salários-mínimos, a segunda maior da região e 57ª do estado de Minas Gerais. No entanto, a partir de informações da Secretaria Especial do Desenvolvimento Social (Brasil, 2020c), nota-se que aproximadamente 10% da população são de baixa renda e 41,58% vivem com até um salário-mínimo (IBGE,

2010). Eram, em abril de 2020, 3.267 famílias beneficiárias do Bolsa Família, totalizando aproximadamente 8.148 pessoas (Brasil, 2020c).

Os setores que compõem o Produto Interno Bruto (PIB) municipal são: agropecuária (4,61%), indústria (16,21%) e serviços (79,18%) (IBGE, 2017). Segundo Aguiar e Santos (2016), o setor de serviços tem uma importante função produtiva na rede urbana de São João del-Rei, sobretudo no quesito saúde e educação, desde a década de 1940. De acordo com o PNUD (2010), em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais, 6,20% trabalhavam no setor agropecuário, 0,86% na indústria extrativa, 10,46% na indústria de transformação, 9,43% no setor de construção, 0,90% nos setores de utilidade pública, 19,72% no comércio e 49,62% no setor de serviços.

2.9 Considerações gerais

Conhecer os atributos que compõem a paisagem e os processos que deram origem a ela, bem como os que decorrem de sua forma atual, são tarefas importantes para o desenvolvimento de uma análise espacial de cunho geográfico. Atualmente, considerar que o ser humano é um organismo presente e modificador dessas paisagens também é fundamental, uma vez que ele pode ser o principal intensificador e, ao mesmo tempo, vítima dos processos de intervenção no meio.

É nesse sentido que este capítulo apresentou uma série de informações acerca das características físicas, históricas e socioeconômicas de São João del-Rei. De maneira geral, as bases geológicas, geomorfológicas e pedológicas da área de estudo, apesar de não apresentarem informações em escala de detalhe compatível com os estudos urbanos, possibilitam a identificação da heterogeneidade do local. Há, somente na área urbana de São João del-Rei, cinco litotipos diferentes, a maioria de origem metamórfica. Além disso, há falhamentos e material de origem sedimentar inconsolidado (areia) datado do holoceno, os quais coincidem com planícies de inundação e terraços fluviais. Quanto aos solos, predominam os latossolos do tipo vermelho-amarelo e os afloramentos rochosos. Entretanto, infere-se, também, a presença de neossolos

litólicos e solos hidromórficos, devido à ocorrência de áreas brejosas e lagoas[8], sobretudo, nas proximidades do Rio das Mortes.

Desse modo, compreende-se que a formação e a expansão do núcleo urbano se deram sobre uma superfície heterogênea e com amplitudes altimétricas de aproximadamente 140 metros em uma curta extensão, condicionando, assim, áreas onde a declividade supera os 30% e, ao mesmo tempo, porções com declividade abaixo de 3%, ou seja, a área apresenta terrenos menos estáveis, sujeitos aos processos de erosão, movimentação em massa, formação de enxurradas e inundações.

Tendo em vista tais características, os capítulos subsequentes discorrem sobre a ocorrência desses processos no tempo histórico, na forma de um inventário de eventos de inundação e movimentação em massa. Posteriormente, são discutidas as intervenções antrópicas na paisagem fluvial; a questão legal acerca da temática da suscetibilidade e do risco de inundação e movimentação em massa; e uma modelagem que indica áreas sujeitas à ocorrência dos processos e o risco.

8 Referência da Base de Corpos Hídricos da Prefeitura Municipal de São João del-Rei (escala de 1:1.000) (São João del-Rei, 2015b).

CAPÍTULO 3

LEVANTAMENTO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO DOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO E MOVIMENTOS EM MASSA NA CIDADE DE SÃO JOÃO DEL-REI NO PERÍODO DE 1774 A 2021[9]

[9] O conteúdo apresentado neste capítulo encontra-se, em sua totalidade, publicado no periódico indexado Ciência Geográfica, Qualis (2017-2020) B3, e deve ser citado conforme Ferreira *et al.* (2022).

Os fenômenos de inundações e movimentações em massa sempre existiram, no entanto, atualmente, têm ocorrido e sido retratados com maior frequência, dada a ampliação dos desastres que vêm ocasionando. Ambos os processos possuem relação intrínseca à presença de água, sendo o primeiro pelo aumento do volume e capacidade do leito fluvial e o segundo, comumente, pela saturação do solo ou desagregação de blocos.

A água, mesmo elemento deflagrador dos referidos processos, além de fundamental à sobrevivência humana, pode ser considerada componente estruturador da formação dos primeiros núcleos urbanos e civilizações. Segundo Blot (2003, p. 34), "[…] *a localização de grande parte dos centros urbanos portugueses coincide com estuários ou com cursos fluviais e a relação entre a implantação das cidades e o acesso as vias aquáticas é estreita*", destacando-se que isso acontece desde as antigas civilizações da Mesopotâmia ("Meso" = entre/meio; "potâmia" = rios) e Egito (Marcondes, 1999). Entretanto, com o tempo, os mesmos rios que sustentaram a formação das cidades passaram a sofrer os impactos do crescimento delas. Assim, nas cidades, a água perdeu seu papel, ou referência, de elemento natural da paisagem (Baptista; Cardoso, 2013), tornando-se parte da paisagem urbana, dos conflitos e desastres que nela ocorrem.

No Brasil, a história não foi diferente. Muitas cidades coloniais surgiram às margens dos rios (Costa, 2006) devido à facilidade de acesso à água, alimentação e mineração. Associada a essa última motivação, as cidades do ouro se formaram agregando a topografia aos cursos d'água, pois, quando os metais rareavam nos leitos dos rios, elas subiam a encosta (Risério, 2013). Baseado nesse modelo de ocupação das cidades auríferas do século XVII, São João del-Rei nasceu como vila e entreposto comercial. Nesse período, as cidades interioranas (como São João del-Rei, Ouro Preto e outras) se formaram desprovidas de diretrizes ou planos específicos, estabelecendo-se conforme as necessidades impostas pela natureza e pela extração mineral (Pereira, 2011). Seguindo esse padrão, o sítio urbano de São João del-Rei se formou entre as encostas da Serra do Lenheiro, o vale do córrego de mesmo nome e, posteriormente, expandiu-se em direção ao Ribeirão Água Limpa, Rio das Mortes e Várzea do Marçal.

Semelhantemente, com o tempo, as mesmas águas e encostas que produziram parte da riqueza da cidade do século XVIII se tornaram sinônimos de perigo à população que ocupou de forma indevida as imediações. Isso ocorre porque essas paisagens são naturalmente suscetíveis às dinâmicas de planície e encosta, como inundações e deslizamentos. Desse modo, factualmente, esses processos se fizeram presentes na formação histórica da cidade de São João del-Rei. Porém, atualmente, a ocupação desmedida e sem planejamento adequado agrava e torna recorrente os desastres causados por inundações e deslizamentos, configurando-se em um perigo à população local.

Diante da importância do tema, diversos trabalhos discorrem sobre o problema das inundações e, em menor parte, sobre movimentações em massa em São João del-Rei. Exemplos desses trabalhos são: Leão, Leão e Souza (2013), Possa e Ventorini (2014), Santos e Ventorini (2017, 2018) e Zacharias *et al.* (2021). Essas pesquisas se baseiam na elaboração de modelos e cenários atuais e futuros, os quais têm grande relevância e podem alicerçar políticas de planejamento e gestão do território. Todavia, nota-se que esses trabalhos não fazem um levantamento histórico detalhado e robusto que reforce a importância dos estudos e possibilite a ampliação de validações de áreas suscetíveis. Assim, acredita-se que recorrer ao passado para entender o presente e elaborar um inventário da ocorrência das inundações e movimentações em massa, em São João del-Rei, pode corroborar a importância dos referidos estudos e justificar novas pesquisas. Destaca-se, nesse sentido, que um inventário espacial-temporal dos fenômenos socioambientais, como inundações e deslizamentos, possibilita, além do registro do passado, o entendimento do presente e a previsão do futuro, pois fundamentam a elaboração de modelos indicadores que relacionam os referidos fenômenos às diferentes tendências e formas de ocupação (Ventorini; Zacharias, 2021; Zacharias, 2010).

Considerando essa necessidade, o objetivo deste capítulo é efetuar um inventário secular dos eventos de inundação e movimentação em massa na cidade de São João del-Rei, de modo a contribuir com futuros estudos de gestão territorial e políticas de prevenção e planejamento urbano, além de introduzir o histórico e a temática para a compreensão dos capítulos subsequentes.

3.1 O inventário secular das inundações e dos movimentos em massa na cidade de São João del-Rei

O inventário secular de processos de inundação e movimentação em massa na cidade de São João del-Rei compreende o período de 1774 a 2021. Contudo, é necessário ressaltar que, por haver 247 anos desde o primeiro registro, acredita-se que o número de ocorrências seja superior ao total aqui apresentado, uma vez que as informações disponíveis costumam ser raras e descontínuas.

Para a elaboração do inventário, foram efetuadas buscas em acervos, bibliotecas digitais e físicas, tais como Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional, Biblioteca Municipal Baptista Caetano d'Almeida, Defesa Civil Municipal, Plano de Contingência, Relatórios de Constatação da Defesa Civil, notícias publicadas em sites e grupos sólidos de Facebook, como Pop News e Associação dos Moradores e Amigos de São João del-Rei. Além disso, foram efetuadas buscas em plataformas digitais, utilizando como filtro, primeiramente, a palavra-chave "São João del-Rei", nas mais diversas variações de escrita. Nos jornais que continham o nome da cidade, foram pesquisados: Lenheiro, Rio das Mortes, Água Limpa, Colônia do Marçal, enxurrada, enchente, inundação, alagamento, transbordamento, canalização, chuva, desastre, deslizamento, escorregamento e desabamento. No acervo físico, utilizou-se como filtro os meses chuvosos, que compreendem de outubro a março de cada ano, nos jornais e revistas disponíveis.

Os resultados obtidos, a partir desse procedimento metodológico, indicaram o primeiro relato relacionado à dinâmica das águas em São João del-Rei ainda no século XVIII, no ano de 1774. Segundo Maldos (2000), já no século XVIII, durante as estações chuvosas, áreas próximas ao Largo de São Francisco eram afetadas por inundações e enxurradas. Segundo o autor, das encostas da então vila, desciam uma série de córregos e existiam, nas imediações da Igreja de São Francisco, charcos, o que infere na ocorrência de solos mal drenados e alagadiços. Próximo a essa área, localiza-se o Córrego do Lenheiro, o qual Laet (1993, p. 20) descreveu, em meados do século XIX, como grandioso em suas enchentes:

> "[...] *quem olha para o riacho minguado em águas, mal compreende por que tão elevadas se fizeram as arcarias* [...]. *O ribeiro, por ocasião*

das enxurradas, faz-se torrente e mesmo rio. Em sua carreira vertiginosa arrebataria obstáculos com que menos resistência lhe afrontassem o ímpeto".

Guimarães (1963) justifica a ocorrência desses processos ao explicar que a Bacia do Lenheiro, com raio aproximado de 3 km, é composta por terrenos majoritariamente impermeáveis. Por isso, duas horas de chuva tornam o rio impetuoso e capaz de transportar pedras e troncos. De modo semelhante, Fleury (1912 *apud* Sacramento, 2010) descreveu o Ribeirão Água Limpa, do qual o Lenheiro é tributário. Para este autor, o rio possui um regime eminentemente torrencial, alto gradiente hipsométrico e solos pouco permeáveis devido à floresta rarefeita. Com isso, durante eventos pluviométricos, escoa rapidamente e ocasiona enchentes súbitas e colossais.

O mesmo ocorre com o Rio das Mortes, que recebe o Água Limpa, e, tal como ele e o Lenheiro, enche rapidamente e forma enchentes extraordinárias (Guimarães, 1963). Esse rio pode ser considerado um divisor natural do sítio urbano de São João del-Rei. Em sua margem esquerda, destacam-se declividades elevadas, erosão acentuada e áreas de inundação no fundo do vale do Lenheiro e do Água Limpa. À direita, predomina topografia aplainada, parcos processos erosivos e baixas declividades (Fundação João Pinheiro, 1984). Dentre as peculiaridades da margem direita do Rio das Mortes, destaca-se "a planura do terreno" (Laet, 1993) da Várzea do Marçal, atual bairro Colônia do Marçal. A área parte do sopé da Serra de São José em direção ao Rio das Mortes e ao Rio Carandaí, onde a declividade chega a 1%.

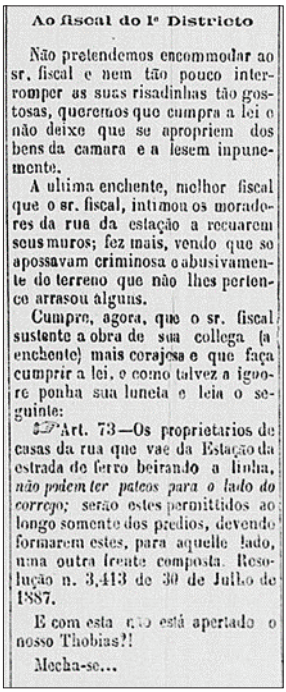
A Várzea do Marçal foi cotada como sítio de instalação da nova capital mineira no final do século XIX. Entretanto, não foi selecionada, e um dos motivos foi a discordância técnica quanto às condições de estabilidade e capacidade de drenagem do terreno. Além disso, presumia-se a posição superficial do lençol freático na área, o que demandava prudência (Laet, 1993; Minas Geraes, 1893). A partir dessa narrativa, observa-se que a leitura da paisagem local e da dinâmica das águas que a perpassam não é recente, tampouco as constatações e inferências relacionadas às cheias dos rios e condições dos terrenos.

Desse modo, entende-se de modo geral que a cidade São João del-Rei cresceu entre planícies de inundação, terrenos mal drenados e encostas com tendências

a processos erosivos acelerados e deslizamentos. São essas as características que condicionam (intensificadas pela urbanização) o problema secular das inundações (fig. 21) e, em menor ocorrência, os processos de vertente.

Fig. 21 - Linha do tempo de registros de inundações em São João del-Rei (Fonte: Ferreira *et al.*, 2022, p. 1739).

Registros históricos do final do século XIX confirmam a ocorrência de inconvenientes causados pelas inundações. Em dezembro de 1888, a água destruiu muros na rua da estação ferroviária (fig. 22), supostamente a atual Rua Antônio Rocha ou Rua Hermílio Alves (fot. 1).



Ao fiscal do 1º Districto

Não pretendemos encommodar ao sr. fiscal e nem tão pouco interromper as suas risadinhas tão gostosas, queremos que cumpra a lei e não deixe que se apropriem dos bens da camara e a lesem impunemente.

A ultima enchente, melhor fiscal que o sr. fiscal, intimou os moradores da rua da estação a recuarem seus muros; fez mais, vendo que se apossavam criminosa e abusivamente do terreno que não lhes pertence arrasou alguns.

Cumpre, agora, que o sr. fiscal sustente a obra de sua collega (a enchente) mais corajosa e que faça cumprir a lei, e como talvez a ignore ponha sua lunetta e leia o seguinte:

☞Art. 73—Os proprietarios de casas da rua que vae da Estação da estrada de ferro beirando a linha, *não podem ter pateos para o lado do corrego;* serão estes permittidos ao longo somente dos predios, devendo formarem estes, para aquelle lado, uma outra frente composta. Resolução n. 3.413 de 30 de Julho de 1887.

E com esta não está apertado o nosso Thobias?!

Mecha-se...

Fig. 22 - Correnteza causou estragos. (Fonte: Arauto de Minas, 1888, p. 3).

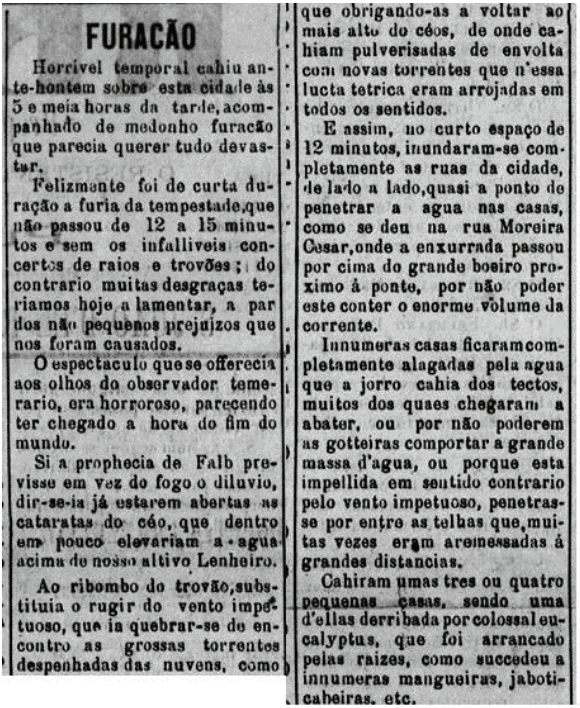
Fot. 1 - Ruas Antônio Rocha e Hermílio Alves, São João del-Rei (Fotografia de Ferreira et al., 2022, p. 1740)

Nesse período, a ocorrência desses processos e das chuvas torrenciais já despertava a atenção de estudiosos. Em 1899, sob o título "As chuvas em São João del-Rei", o jornal O Resistente publicou uma análise comparativa do volume da água do Córrego do Lenheiro no período de estiagem (junho de 1896) e durante uma chuva de cinco horas (72 mm) ocorrida em 12 de novembro de 1895. A notícia se baseou no estudo do engenheiro Álvaro Astolfo da Silveira (1896), publicado no Boletim da Commissão Geographica de Minas Geraes.

Esses dados foram obtidos por meio de uma estação pluviométrica local e aferições de vazão, as quais permitiram inferir que "[…] *se a chuva se fez uniformemente em toda bacia, o que não é difícil, mas sim, muito provável* [...], *no dia 12 de novembro, entre 14h e 18h, foram 1.925.000.000*" (O Resistente, 1899a, p. 1) de litros d'água recebidos. Considerando que, nesse período, a calha do Córrego do Lenheiro já se encontrava entre muretas, a vazão foi de 29.400 litros por segundo, 72 vezes maior do que no período de estiagem (Silveira, 1896). Desse modo, o Lenheiro tornou-se "[…] *um verdadeiro rio caudaloso* [...] *e de grande correnteza em virtude da declividade do leito*" (O Resistente, 1899a, p. 1).

No mesmo ano, O Resistente (1899b) publicou uma nota com o título "Furacão" (fig. 23). Esta descreve que 12 minutos de chuva intensa foram o suficiente para o Lenheiro transbordar e inundar ruas e casas, as quais ficaram cobertas de água até a altura do teto. A Rua Moreira César, mencionada na reportagem, corresponde à atual Rua Arthur Bernardes (fot. 2), área tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional.

Fot. 2 - Rua Arthur Bernardes, antiga Rua Moreira César
(Fonte: Ferreira *et al.*, 2022, p. 1742).



FURACÃO

Horrivel temporal cahiu ante-hontem sobre esta cidade às 5 e meia horas da tarde, acompanhado de medonho furacão que parecia querer tudo devastar.

Felizmente foi de curta duração a furia da tempestade, que não passou de 12 a 15 minutos e sem os infalliveis concertos de raios e trovões; do contrario muitas desgraças teriamos hoje a lamentar, a par dos não pequenos prejuizos que nos foram causados.

O espectaculo que se offerecia aos olhos do observador temerario, era horroroso, parecendo ter chegado a hora do fim do mundo.

Si a prophecia de Falb previsse em vez do fogo o diluvio, dir-se-ia já estarem abertas as cataratas do céo, que dentro em pouco elevariam a agua acima de nosso altivo Lenheiro.

Ao ribombo do trovão, substituia o rugir do vento impetuoso, que ia quebrar-se de encontro as grossas torrentes despenhadas das nuvens, como que obrigando-as a voltar ao mais alto do céos, de onde cahiam pulverisadas de envolta com novas torrentes que n'essa lucta tetrica eram arrojadas em todos os sentidos.

E assim, no curto espaço de 12 minutos, inundaram-se completamente as ruas da cidade, de lado a lado, quasi a ponto de penetrar a agua nas casas, como se deu na rua Moreira Cesar, onde a enxurrada passou por cima do grande boeiro proximo á ponte, por não poder este conter o enorme volume da corrente.

Innumeras casas ficaram completamente alagadas pela agua que a jorro cahia dos tectos, muitos dos quaes chegaram a abater, ou por não poderem as gotteiras comportar a grande massa d'agua, ou porque esta impellida em sentido contrario pelo vento impetuoso, penetrasse por entre as telhas que, muitas vezes eram arremessadas á grandes distancias.

Cahiram umas tres ou quatro pequenas casas, sendo uma d'ellas derribada por colossal eucalyptus, que foi arrancado pelas raizes, como succedeu a innumeras mangueiras, jaboticabeiras, etc.

Fig. 23 - "Furacão" (Fonte: O Resistente, 1899b, p. 2).

Em 18 de janeiro de 1917, uma criança morreu e três pessoas ficaram desaparecidas após a ocorrência de inundações em São João del-Rei (fig. 24). Durante o evento, quarteirões inteiros desmoronaram (O Pharol, 1917), possivelmente pela saturação ou abatimento do solo. O prejuízo econômico foi superior a 100 mil contos de réis, e a conversão atual desse valor para o Real (R$) corresponderia a R$ 12,3 milhões, considerando que um conto de réis equivaleria a, aproximadamente, R$ 123 mil (HI7.CO, s.d.).

Do mesmo modo, em 1919, as inundações causaram a destruição de pontes, sobretudo na área de confluência do Córrego do Lenheiro com o Ribeirão Água Limpa (fot. 3) (Sacramento, s.d.).

Segundo o Jornal Lavoura e Comércio (1935), em fevereiro de 1935, as inundações resultaram em "desastre" em São João del-Rei. Durante esse evento, uma casa foi arrastada pela correnteza do rio e 10 pessoas morreram (fig. 25).

Temporal em

São João d'El-Rey

Prejuizos enormes — Morre uma creança — Tres pessoas desapparecidas.

BELLO HORIZONTE, 18—Chegam noticias de grande temporal desabado sobre São João d'El-Rey.

Os ribeirões Rio Acima e Lenheiro extravazaram, invadindo as ruas e destruindo casas. Ao que se sabe foram carregadas pelo Lenheiro cinco pontes, estando entre estas a metallica, inaugurada em 1910. Duas outras e o pontilhão da Oéste foram damnificados.

No bairro chamado Tijuco ha 50 casas desmoronadas e foi destruido o serviço de canalização d'agua entre a ponte da cadeia e o theatro.

Familias innumeras estão sem tecto e vão sendo agasalhadas nas casas não attingidas, nos hospitaes e albergues que se improvziam.

Morreu uma creança e faltam noticias de tres pessoas.

O dr. Odilon de Andrade telegraphou ao governo pedindo auxilios para promptos soccorros. Este respondeu promettendo as medidas que se fazem precisas.

SÃO JOÃO D'EL-REY, 18—A enchente do ribeiro Lenheiro é extraordinaria

Em Tijuco, quarteirões inteiros desabaram. Em outros pontos tambem o mesmo succedeu. Varias pontes de ferro foram levadas, como a rampa da cadeia e o cáes

Ha victimas. Appareceu um cadaver.

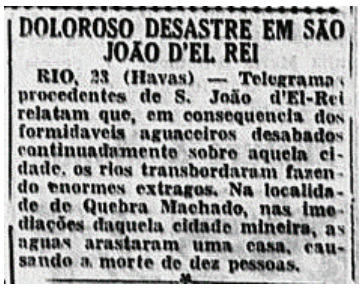
O prejuizo é superior a . . . . . 100:000$000

Receiam-se maiores desastres.

Atual Ponte Metálica

Fig. 24 - Temporal em São João del-Rei (Fonte: Adaptada de O Pharol, 1917, p. 1).

Fot. 3 - Enchente de 1919 e cenário atual (Fotografia adaptada de Sacramento, s.d.).



DOLOROSO DESASTRE EM SÃO JOÃO D'EL REI

RIO, 23 (Havas) — Telegramma procedentes de S. João d'El-Rei relatam que, em consequencia dos formidaveis aguaceiros desabados continuadamente sobre aquela cidade, os rios transbordaram fazendo enormes extragos. Na localidade de Quebra Machado, nas immediações daquela cidade mineira, as aguas arastaram uma casa, causando a morte de dez pessoas.

Fig. 25 - Desastre em São João del-Rei (Fonte: Jornal Lavoura e Comércio, 1935, p. 1).

Infere-se que, devido aos recorrentes eventos desastrosos, em agosto de 1946, foi instalada uma estação fluviométrica no Córrego do Lenheiro próxima à Ponte do Rosário (fig. 26). Porém, a localização exata não é detalhada e não há registros dos níveis de vazão. O monitoramento foi cessado 12 anos depois e, conforme informação obtida por meio de contato com a Agência Nacional de Águas (ANA), em 2021, não consta no inventário o motivo da desativação.

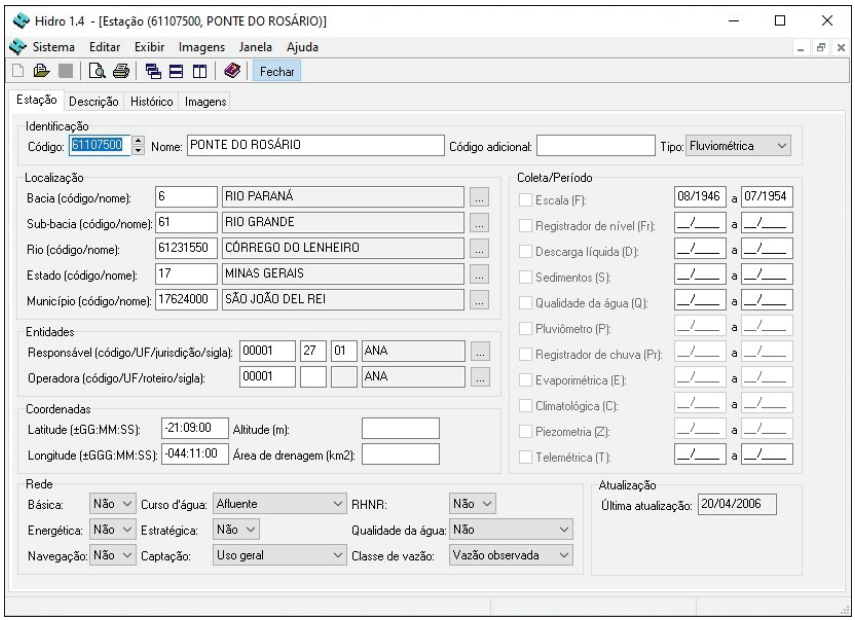
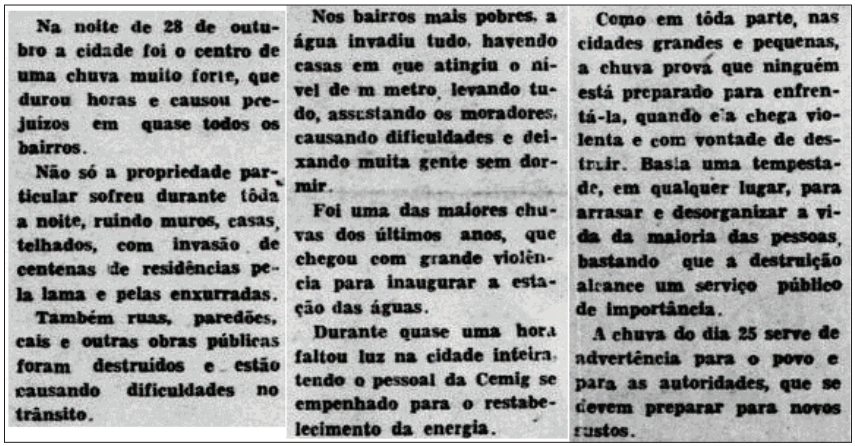


Fig. 26 - Registro da Estação Fluviométrica do Córrego do Lenheiro (Fonte: ANA, 2021, s.p.).

Ainda sobre as inundações, em 28 outubro de 1969, sob o título "Chuva brava", o jornal Ponte da Cadeia (1969a) publicou que centenas de casas foram invadidas por água, enxurrada e lama (fig. 27). A notícia ressalta o despreparo para o enfrentamento do fenômeno. Segundo Feitosa, Melo Filho e Rocha (2014), Lopes e Souza (2012) e Medeiros (2019), as cidades, no geral, não estão preparadas para lidar com eventos naturais extremos, tampouco com seus impactos, caracterizando a situação de risco ambiental.



Na noite de 28 de outubro a cidade foi o centro de uma chuva muito forte, que durou horas e causou prejuízos em quase todos os bairros.

Não só a propriedade particular sofreu durante tôda a noite, ruindo muros, casas, telhados, com invasão de centenas de residências pela lama e pelas enxurradas.

Também ruas, paredões, cais e outras obras públicas foram destruídos e estão causando dificuldades no trânsito.

Nos bairros mais pobres, a água invadiu tudo, havendo casas em que atingiu o nível de m metro, levando tudo, assustando os moradores, causando dificuldades e deixando muita gente sem dormir.

Foi uma das maiores chuvas dos últimos anos, que chegou com grande violência para inaugurar a estação das águas.

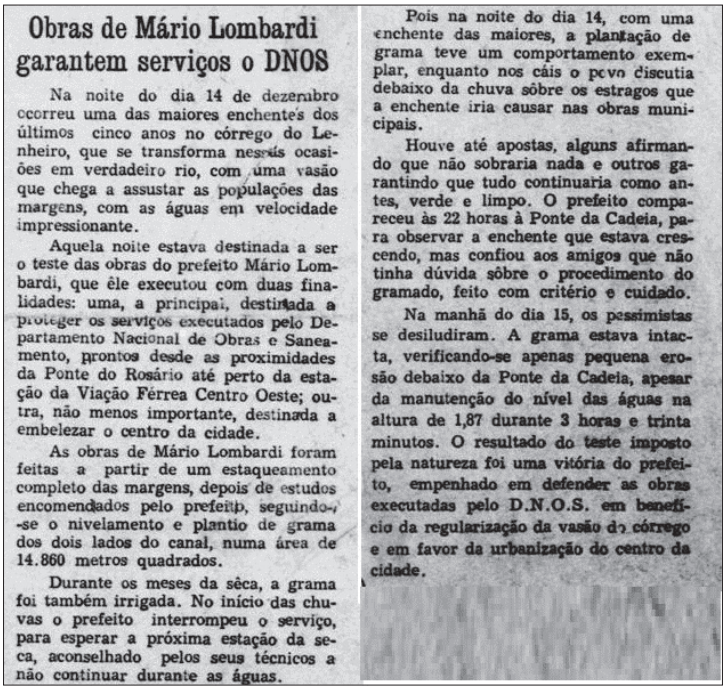
Durante quase uma hora faltou luz na cidade inteira, tendo o pessoal da Cemig se empenhado para o restabelecimento da energia.

Como em tôda parte, nas cidades grandes e pequenas, a chuva prova que ninguém está preparado para enfrentá-la, quando ela chega violenta e com vontade de destruir. Basta uma tempestade, em qualquer lugar, para arrasar e desorganizar a vida da maioria das pessoas, bastando que a destruição alcance um serviço público de importância.

A chuva do dia 25 serve de advertência para o povo e para as autoridades, que se devem preparar para novos sustos.

Fig. 27 - Chuva brava (Fonte: Ponte da Cadeia, 1969a, p. 1).

Dois anos depois, em 14 dezembro de 1971 (Ponte da Cadeia, 1971), ocorreu uma das maiores enchentes dos últimos cinco anos no Córrego do Lenheiro (fig. 28).



Obras de Mário Lombardi garantem serviços o DNOS

Na noite do dia 14 de dezembro ocorreu uma das maiores enchentes dos últimos cinco anos no córrego do Lenheiro, que se transforma nessas ocasiões em verdadeiro rio, com uma vasão que chega a assustar as populações das margens, com as águas em velocidade impressionante.

Aquela noite estava destinada a ser o teste das obras do prefeito Mário Lombardi, que êle executou com duas finalidades: uma, a principal, destinada a proteger os serviços executados pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento, prontos desde as proximidades da Ponte do Rosário até perto da estação da Viação Férrea Centro Oeste; outra, não menos importante, destinada a embelezar o centro da cidade.

As obras de Mário Lombardi foram feitas a partir de um estaqueamento completo das margens, depois de estudos encomendados pelo prefeito, seguindo-se o nivelamento e plantio de grama dos dois lados do canal, numa área de 14.860 metros quadrados.

Durante os meses da sêca, a grama foi também irrigada. No início das chuvas o prefeito interrompeu o serviço, para esperar a próxima estação da seca, aconselhado pelos seus técnicos a não continuar durante as águas.

Pois na noite do dia 14, com uma enchente das maiores, a plantação de grama teve um comportamento exemplar, enquanto nos cais o povo discutia debaixo da chuva sôbre os estragos que a enchente iria causar nas obras municipais.

Houve até apostas, alguns afirmando que não sobraria nada e outros garantindo que tudo continuaria como antes, verde e limpo. O prefeito compareceu às 22 horas à Ponte da Cadeia, para observar a enchente que estava crescendo, mas confiou aos amigos que não tinha dúvida sôbre o procedimento do gramado, feito com critério e cuidado.

Na manhã do dia 15, os pessimistas se desiludiram. A grama estava intacta, verificando-se apenas pequena erosão debaixo da Ponte da Cadeia, apesar da manutenção do nível das águas na altura de 1,87 durante 3 horas e trinta minutos. O resultado do teste imposto pela natureza foi uma vitória do prefeito, empenhado em defender as obras executadas pelo D.N.O.S. em benefício da regularização da vasão do córrego e em favor da urbanização do centro da cidade.

Fig. 28 - Enchentes no Córrego do Lenheiro (Fonte: Ponte da Cadeia, 1971, p. 1).

O texto chama atenção para a velocidade das águas, que, muito provavelmente, foi aumentada pelo processo de canalização e retificação do canal iniciado na década anterior. No entanto, o aprofundamento do leito, encarcerado entre muretas, fez com que as águas não extravasassem. A enchente se tornou atração, também, por ser o teste de resistência do "projeto paisagístico" do gramado do Lenheiro. Em fevereiro do ano seguinte, em 1972, a cheia do Rio das Mortes e Carandaí causou enormes prejuízos à cidade (fig. 29) (Jornal de Minas, 1972).

Chuvas causam grandes prejuízos

Depois de um ano de séca São João del-Rei se viu tomada de uma onda de chuvas que provocaram a maior enchente ocorrida na região nos últimos seis anos.

A produção de hortigranjeiros foi grandemente prejudicada pela enchente dos rios das Mortes e Carandaí, que alagaram grande parte de suas várzeas, onde são cultivados êsses produtos.

Correram aterros, e até a BR-265 sofreu a consequência da quantidade de chuva caída na região nos fins de dezembro.

No último sábado de janeiro a chuva ainda fez das suas. Depois de um dia quente e ensolarado, com 39°C à sombra sucedeu-se um anoitecer marcado por uma tempestade que destelhou várias casas e a gare da estação da VFCO, causando prejuízos enormes, além de ter derrubado árvores em tôda a cidade.

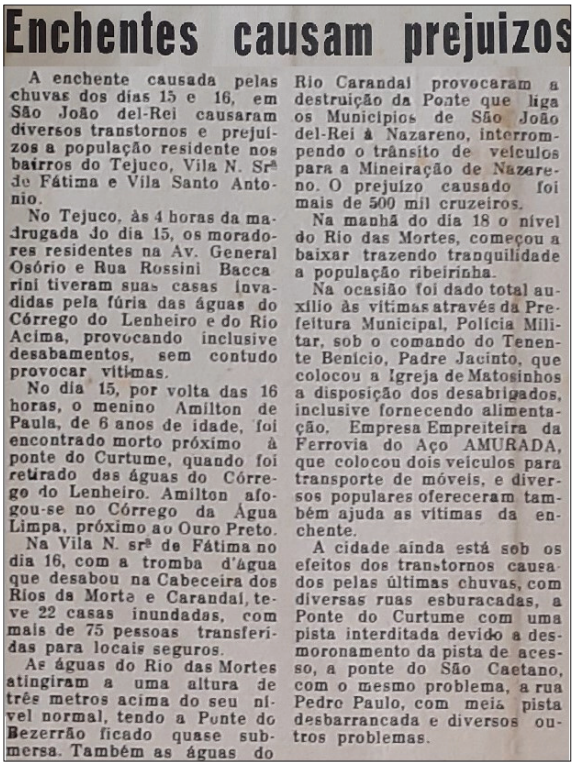
A rodovia MG-6 teve um trecho submerso (foto) impedindo a circulação de ônibus para Prados, Resende Costa e Lagoa Dourada

Fig. 29 - Chuvas causam grandes prejuízos (Fonte: Jornal de Minas, 1972, p. 1).

Novamente, em janeiro de 1978, a população residente próxima ao Rio das Mortes, Carandaí, Lenheiro e Água Limpa, nos bairros Tejuco, Fábricas e Vila Nossa Senhora de Fátima, sofreu com os prejuízos das inundações (fig. 30). O evento deixou 75 pessoas desabrigadas e causou uma morte (Tribuna Sanjoanense, 1978a).

Os locais mais afetados, conforme a notícia, encontram-se indicados no mapa abaixo (fig. 31).

Do mesmo modo, em 8 de janeiro de 1983, uma forte chuva causou o transbordamento do Córrego do Lenheiro. A água invadiu casas e gerou prejuízos à população e ao comércio, sobretudo do bairro Tejuco (fig. 32; Fot. 4) (Tribuna Sanjoanense, 1983). A notícia chama a atenção, também, quanto ao lançamento de entulhos no leito do referido córrego, bem como a desapropriação de casas em suas



Enchentes causam prejuizos

A enchente causada pelas chuvas dos dias 15 e 16, em São João del-Rei causaram diversos transtornos e prejuízos a população residente nos bairros do Tejuco, Vila N. Srª de Fátima e Vila Santo Antonio.

No Tejuco, às 4 horas da madrugada do dia 15, os moradores residentes na Av. General Osório e Rua Rossini Baccarini tiveram suas casas invadidas pela fúria das águas do Córrego do Lenheiro e do Rio Acima, provocando inclusive desabamentos, sem contudo provocar vitimas.

No dia 15, por volta das 16 horas, o menino Amilton de Paula, de 6 anos de idade, foi encontrado morto próximo à ponte do Curtume, quando foi retirado das águas do Córrego do Lenheiro. Amilton afogou-se no Córrego da Água Limpa, próximo ao Ouro Preto.

Na Vila N. srª de Fátima no dia 16, com a tromba d'água que desabou na Cabeceira dos Rios da Morte e Carandaí, teve 22 casas inundadas, com mais de 75 pessoas transferidas para locais seguros.

As águas do Rio das Mortes atingiram a uma altura de três metros acima do seu nível normal, tendo a Ponte do Bezerrão ficado quase submersa. Também as águas do Rio Carandaí provocaram a destruição da Ponte que liga os Municipios de São João del-Rei à Nazareno, interrompendo o trânsito de veículos para a Mineiração de Nazareno. O prejuízo causado foi mais de 500 mil cruzeiros.

Na manhã do dia 18 o nível do Rio das Mortes, começou a baixar trazendo tranquilidade a população ribeirinha.

Na ocasião foi dado total auxílio às vitimas através da Prefeitura Municipal, Polícia Militar, sob o comando do Tenente Benício, Padre Jacinto, que colocou a Igreja de Matosinhos a disposição dos desabrigados, inclusive fornecendo alimentação. Empresa Empreiteira da Ferrovia do Aço AMURADA, que colocou dois veículos para transporte de móveis, e diversos populares ofereceram também ajuda as vitimas da enchente.

A cidade ainda está sob os efeitos dos transtornos causados pelas últimas chuvas, com diversas ruas esburacadas, a Ponte do Curtume com uma pista interditada devido a desmoronamento da pista de acesso, a ponte do São Caetano, com o mesmo problema, a rua Pedro Paulo, com meia pista desbarrancada e diversos outros problemas.

Fig. 30 - Enchentes causam prejuízos (Fonte: Tribuna Sanjoanense, 1978a, p. 1).

Fot. 4 - Enchente de 1983 (Fotografia de Munis, 2017).

margens (fot. 5). Além disso, em diferentes momentos do período analisado, jornais mencionam problemas de esgoto, saneamento e doenças como meningite e xistose.

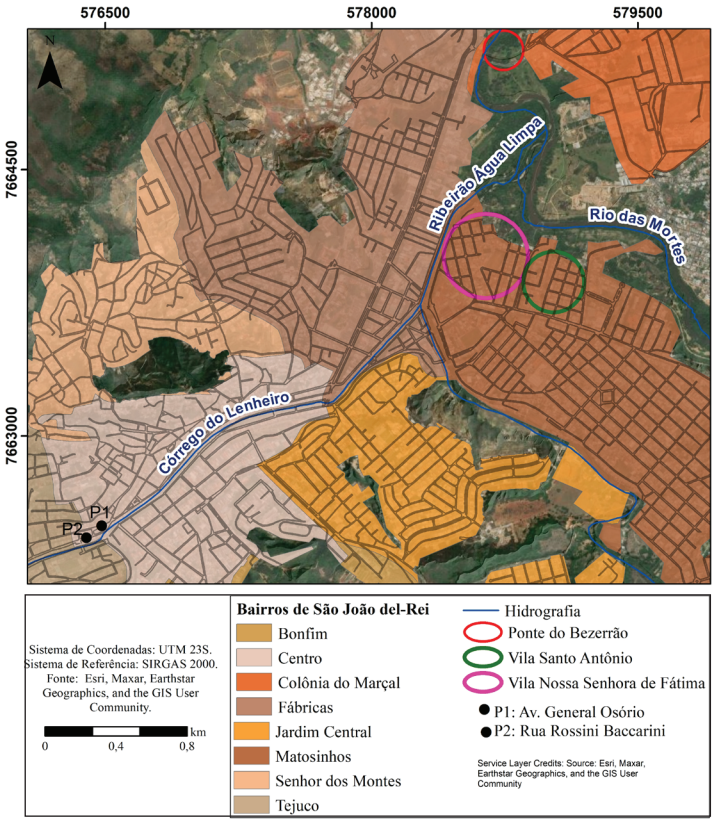
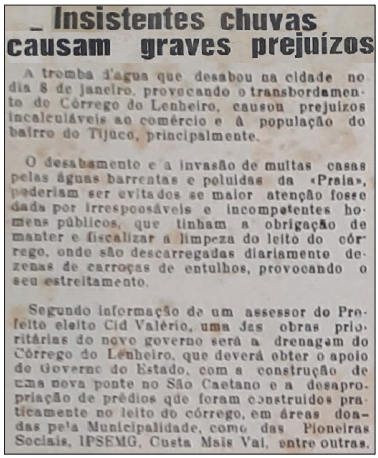


Fig. 31 - Áreas indicadas na Figura 30 (Fonte: Ferreira et al., 2022, p. 1747).



Insistentes chuvas causam graves prejuízos

A tromba d'água que desabou na cidade no dia 8 de janeiro, provocando o transbordamento do Córrego do Lenheiro, causou prejuízos incalculáveis ao comércio e à população do bairro do Tijuca, principalmente.

O desabamento e a invasão de muitas casas pelas águas barrentas e poluídas da «Praia», poderiam ser evitados se maior atenção fosse dada por irresponsáveis e incompetentes homens públicos, que tinham a obrigação de manter e fiscalizar a limpeza do leito do córrego, onde são descarregadas diariamente dezenas de carroças de entulhos, provocando o seu estreitamento.

Segundo informação de um assessor do Prefeito eleito Cid Valério, uma das obras prioritárias do novo governo será a drenagem do Córrego do Lenheiro, que deverá obter o apoio do Governo do Estado, com a construção de uma nova ponte no São Caetano e a desapropriação de prédios que foram construídos praticamente no leito do córrego, em áreas doadas pela Municipalidade, como das Pioneiras Sociais, IPSEMG, Gosta Mais Vai, entre outras.

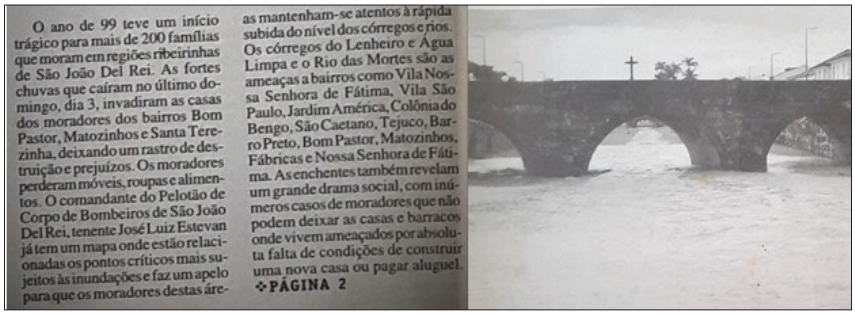
Fig. 32 - Insistentes chuvas causam graves prejuízos (Fonte: Tribuna Sanjoanense, 1983, p. 1).

Fot. 5 - Entulho e casas que causam obstrução do canal fluvial
(Fonte: Ferreira e*t al.*, 2022, p. 174), com base em Gazeta de São João del-Rei, 1999a, Jornal de São João del-Rey, 1987a) e Tribuna Sanjoanense, 1997).

No mês de fevereiro de 1992, ocorreram inundações e deslizamentos. O deslizamento aconteceu próximo à barragem do Córrego Rio Acima, área periurbana, e não atingiu diretamente a cidade. Já a inundação causou prejuízo que superou os 140 milhões de cruzeiros (atualmente R$ 50,90), sobretudo pelo assoreamento das redes de esgoto (Tribuna Sanjoanense, 1992).

Posteriormente, em 3 de janeiro de 1999, mais de 100 pessoas ficaram desabrigadas e cerca de 200 famílias foram atingidas por uma inundação. Segundo o jornal Gazeta de São João del-Rei (1999b), o Córrego Água Limpa transbordou e as águas atingiram a Avenida Santos Dumont. O Córrego do Lenheiro e o Rio das Mortes também extravasaram o leito e houve deslizamento de encostas na cidade (fig. 33).

A notícia menciona a existência de um mapa de pontos críticos de inundação em São João del-Rei. Em contato com o Corpo de Bombeiros da cidade (4º Batalhão de Bombeiro Militar), foi informado que o material continha delimitações traçadas à caneta e foi destruído durante um evento chuvoso que causou infiltração no arquivo da corporação.



O ano de 99 teve um início trágico para mais de 200 famílias que moram em regiões ribeirinhas de São João Del Rei. As fortes chuvas que caíram no último domingo, dia 3, invadiram as casas dos moradores dos bairros Bom Pastor, Matozinhos e Santa Terezinha, deixando um rastro de destruição e prejuízos. Os moradores perderam móveis, roupas e alimentos. O comandante do Pelotão de Corpo de Bombeiros de São João Del Rei, tenente José Luiz Estevan já tem um mapa onde estão relacionadas os pontos críticos mais sujeitos às inundações e faz um apelo para que os moradores destas áreas mantenham-se atentos à rápida subida do nível dos córregos e rios. Os córregos do Lenheiro e Água Limpa e o Rio das Mortes são as ameaças a bairros como Vila Nossa Senhora de Fátima, Vila São Paulo, Jardim América, Colônia do Bengo, São Caetano, Tejuco, Barro Preto, Bom Pastor, Matozinhos, Fábricas e Nossa Senhora de Fátima. As enchentes também revelam um grande drama social, com inúmeros casos de moradores que não podem deixar as casas e barracos onde vivem ameaçados por absoluta falta de condições de construir uma nova casa ou pagar aluguel.

❖PÁGINA 2

Fig. 33 - Inundação em 1999 (Fonte: Gazeta de São João del Rei, 1999b, p. 1).

No ano seguinte (janeiro de 2000), 30 minutos de chuva foram o suficiente para que o Córrego do Lenheiro enchesse e alguns pontos da cidade fossem alagados pelo acúmulo de enxurradas. As chuvas desse mês deixaram apreensivos os moradores dos bairros São Caetano, Guarda-Mor, Tejuco, Bonfim e Santa Terezinha. Nesses bairros, surgiram rachaduras nas casas e houve desabamentos e deslizamentos de encosta (fig. 34) (Gazeta de São João del-Rei, 2000).

Chuva traz prejuízos e assusta a população

Região da rua do Barro é a mais afetada

RAQUEL PRUDENTE
Repórter

O período chuvoso, que começou nas últimas semanas de dezembro e se intensificou a partir do dia 1º de janeiro, trouxe prejuízos, preocupações e deixou a população de São João del Rei em alerta. A queda de um muro de arrimo, construído para conter um barranco de cerca de 20 metros de altura, na travessa Ricardo Benfenati, próxima à rua do Barro, afetou parte da rua e deixou moradores apreensivos com a iminente possibilidade do problema piorar. A região, que já vem sofrendo com trincas e rachaduras nas casas, convive agora com o maior agravante: as chuvas.

O Comando do Corpo de Bombeiros registrou várias rachaduras no local e alertou a população para o risco de novos desabamentos. Além dessa região, os bairros Senhor dos Montes, Tijuco, Bonfim, Guarda-Mor e Vila Santa Terezinha registraram casos de deslizamentos, buracos nas ruas e desabamentos, que causaram danos materiais mas que não fizeram vítimas.

O principal problema que enfrenta a população de São João del Rei é decorrente do grande número de barrancos e muros de arrimo que já caíram, ou ameaçam cair. No bairro Guarda-Mor, um barranco com cerca de quatro metros, na rua Francisco Assis Cunha, altura do número 74, começou a desabar e chegou a cair em quintais de várias residências. A dona de casa Maria de Lourdes Garcia diz que chegou a ficar três noites acordada, "montando guarda enquanto meus seis filhos e três netos dormiam". Na sua casa, a queda do mesmo barranco em anos anteriores atingiu dois cômodos, que tiveram que ser destruídos.

Um barranco também desabou na rua São Caetano, no Guarda-Mor, entre os números 12 e 32, e chegou a interditar parte da rua, que foi tomada por blocos de terra e bananeiras. No Tijuco, outro barranco ameaçou cair sobre a rede elétrica e mobilizou uma equipe do Corpo de Bombeiros e Cemig, que teve que retirar um bambuzal sobre o barranco e isolar o local.

A operação "tapa- buracos" da Secretaria Municipal de Obras começou no dia 10 de dezembro e tem como objetivo resolver os problemas das ruas mais afetadas por buracos. De acordo com o secretário Hélio José Ferreira, a operação continuará durante todo o mês de janeiro e se estenderá até os próximos meses, se houver necessidade.

Para o Comando do Corpo de Bombeiros, que vem fazendo vistorias em todas as áreas consideradas de risco, a maioria desses problemas são resultado da falta de obras que diminuam ou amenizem os danos provocados pelas chuvas e da falta de conscientização da população, que continua construindo em locais perigosos e até proibidos.

❖*O muro de arrimo cedeu com as chuvas dos últimos dias na cidade*

Fig. 34 - Chuva traz prejuízos e assusta população (Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2000, p. 1).

Conforme a notícia, em São João del-Rei, existe um número significativo de encostas, popularmente denominadas "barrancos", com presença de bananeiras. A espécie vegetal acentua a suscetibilidade a deslizamentos, pois suas folhas, raízes e troncos convergem e favorecem a acumulação de água no solo (Companhia de Pesquisa de Recursos Mineirais, 2007). Essas características, somadas à ausência de planejamento, à falta de fiscalização, à precária educação ambiental e à permissiva ocupação, originam as chamadas áreas de perigo.

Em março de 2001, após uma hora de chuva, o Córrego do Lenheiro, o Ribeirão Água Limpa e o Córrego Rio Acima transbordaram. Cerca de 300 pessoas ficaram desabrigadas, carros e animais foram levados pela correnteza e 12 pessoas ficaram ilhadas. Conforme a notícia do Gazeta de São João del-Rei (2001a), essa foi a pior enchente desde a década de 1980 (fig. 35).

Chuva derruba casas e deixa centenas sem teto

Pouco mais de uma hora de chuva forte foi o suficiente para inundar os córregos Lenheiro, Água Limpa e Rio Acima e deixar um rastro de destruição em várias partes de São João del Rei, por volta de 1h, madrugada do último sábado, 31.

Segundo informação oficial do Copo de Bombeiros, cerca de 300 pessoas ficaram desabrigadas; pontes foram destruídas; uma casa, onde moravam cinco pessoas desabou completamente, no Rio Acima, e mais três desabaram parcialmente; muros cederam com a pressão das águas; várias residências e estabelecimentos comerciais foram invadidos pela água; cerca de 12 pessoas ficaram ilhadas em cima de uma laje, sendo socorridas por um barco do Corpo de Bombeiros, no Tijuco; porcos e cavalos foram levados pela correnteza; carros foram inundados e as ruas ficaram cobertas de lama.

Apesar disso, não foi registrado nenhum caso de morte ou ferimento grave. Os desabrigados foram levados para o Caic, onde permaneceram até o dia seguinte, quando se transferiram para a casa de parentes e vizinhos.

As regiões mais prejudicadas foram a Vila Nossa Senhora de Fátima, Tijuco, Bom Pastor, Rio Acima, Fábricas, Barro Preto, Centro e residencial Lenheiro.

Desde 1983, quando uma tromba d'água semelhante caiu sobre São João del Rei, causando uma série de prejuízos, a cidade não assistia a um fenômeno como esse.

Várias famílias continuam desabrigadas, com casas parcialmente destruídas ou condenadas pela Defesa Civil, devido a rachaduras e infiltrações.

A forte chuva da madrugada de sábado deixou centenas de desabrigados e um rastro de destruição na cidade

Fig. 35 - Chuva derruba casas e deixa centenas sem teto
(Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2001a, p. 2).

No mês de dezembro desse mesmo ano, a enxurrada destruiu ruas e arrastou blocos de calçamento, os quais atingiram um carro. O transbordamento do Córrego do Lenheiro inundou casas e comércios na Avenida Eduardo Magalhães. A correnteza solapou a margem do rio, a qual desmoronou nas imediações da rodoviária (fig. 36) (Gazeta de São João del-Rei, 2001b). Observa-se que, nesse período, não havia as muretas nas margens do referido córrego e que este não era canalizado (fot. 6).

❖ *Trailler, nas próximidades da Rodoviária, foi interditado pela Defesa Civil e ameaça cair*

Chuva rápida causou enchente e estragos

A forte chuva de sexta-feira,7, causou estragos em diversos pontos de São João del Rei, mas não deve atrasar as obras de canalização do Córrego do Lenheiro, próximo à Rodoviária, e do muro de arrimo, que está sendo construído na rua Ricardo Benfenatti, no centro.

Quem garante é o empresário Maurício Vianini, sócio da Construtora Vianini, responsável pela execução das obras. "A chuva foi forte, mas não prejudicou os trabalhos. Ainda este mês deve estar tudo pronto", afirmou o empresário.

A intensidade da chuva causou o desmoronamento de parte do terreno às margens do Córrego, na rua Frei Cândido, em frente à Rodoviária, colocando em risco um *trailer* de sanduíches. Com risco de desabamento, o *trailer* foi interditado pela Defesa Civil.

O centro da cidade também foi afetado pela chuva. Na rua Ribeiro Bastos, no centro, a chuva fez com que muitas pedras descessem a rua, atingindo um carro de São Paulo, que estava estacionado próximo à Igreja de São Francisco.

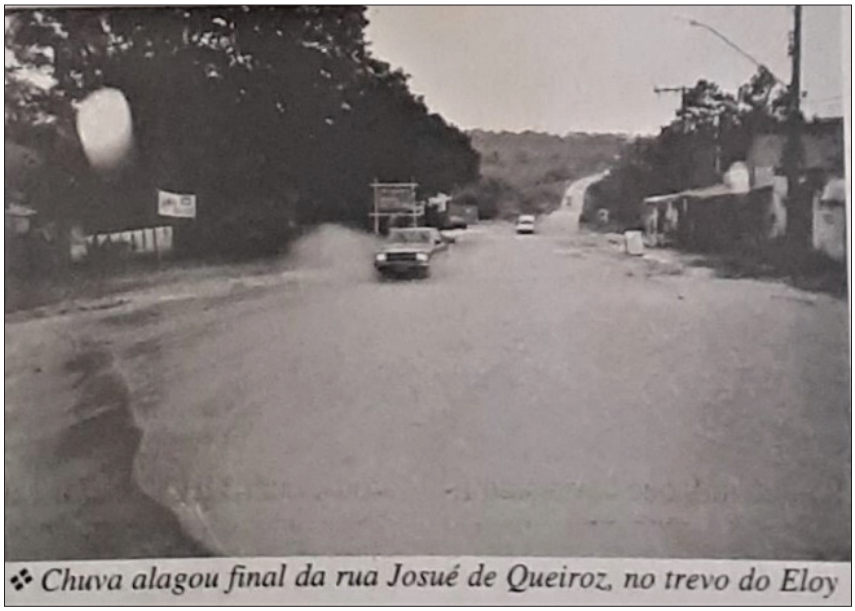
Na avenida Eduardo Magalhães, cortada pelo Córrego do Lenheiro, a água atingiu casas e lojas. Para fazer com que o nível da água diminuísse, moradores e comerciantes da avenida quebraram a mureta que cerca o Córrego.

❖ *Chuva forte arranca paralelepípedos da rua Ribeiro Bastos, centro, nas proximidades do largo de São Francisco de Assis*

Fig. 36 - Chuva rápida causou enchente e estragos
(Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2001b, p. 2).

Fot. 6 - Imediações da rodoviária de São João del-Rei
(Fotografia de Ferreira *et al.*, 2022, p. 1752).

Em 2002 e 2003, segundo os registros, ocorreram apenas alagamentos. Esses se deram, respectivamente, no bairro Matosinhos e na Avenida Leite de Castro (fot. 7 e 8) (Gazeta de São João del-Rei, 2002, 2003a). O processo decorre do excesso de impermeabilização, sobretudo das áreas a montante desses bairros, drenagem urbana deficiente e obstrução das bocas de lobo, que são raras na cidade.



Fot. 7 - Alagamento no Matosinhos (Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2002, p. 3).

Fot. 8 - Alagamento na Avenida Leite de Castro, cruzamento com a Rua Frei Cândido (Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2003a, p. 4).

Em 17 de janeiro de 2004, casas dos bairros Tejuco e Nossa Senhora de Fátima foram inundadas pelo transbordamento do Córrego do Lenheiro e do Ribeirão Água Limpa. Moradores perderam móveis e eletrodomésticos, dentre outros pertences. Na mesma semana, o talude entre a Rua Padre Sacramento e a Avenida Tiradentes desabou (fig. 37) (Gazeta de São João del-Rei, 2004).

Fig. 37 - Chuva ocasiona inundações e desabamentos
(Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2004, p. 2).

A instabilidade da área já havia sido noticiada um ano antes, em janeiro de 2003, quando o Gazeta de São João del-Rei (2003b) informou que o muro apresentava rachaduras (fot. 9) e que a providência tomada pelo Poder Público municipal foi o impedimento do trânsito de veículos pesados no local. Atualmente, a área aparenta estabilidade, as muretas foram reconstituídas e a encosta, revegetada (fot. 10).

Fot. 9 - Rachaduras na calçada e muretas
(Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2003b, p. 2).

Fot. 10 - Situação atual do local (Fonte: Ferreira *et al.*, 2022, p. 1754).

Segundo a Defesa Civil, em 26 de fevereiro de 2006, os bairros e sub-bairros Matosinhos, Colônia do Giarola, Marçal, Recondengo, Vila Nossa Senhora de Fátima, Fábricas, Rio Acima e Tejuco foram inundados. No total, 1.149 pessoas foram afetadas e 149 delas ficaram desabrigadas. O prejuízo causado pelo evento foi de R$ 2.096.200,00 e o município decretou situação de calamidade pública (Defesa Civil de São João del-Rei, 2015).

No ano de 2005, no dia 8 de novembro, foram registrados pontos de inundação e alagamento na Colônia do Marçal (fig. 38). As ruas foram tomadas pela água, sobretudo a Rua Luiz Giarola. A Escola Estadual Brighenti Cesare foi atingida e pessoas que tentaram enfrentar a correnteza foram arrastadas (Gazeta de São João del-Rei, 2005).

A área em questão é historicamente caracterizada pela insuficiente capacidade natural de drenagem, tendendo ao acúmulo de fluxos devido à declividade predominante baixa. Também a disposição das vias propicia a rápida convergência das enxurradas para as partes mais baixas, como a Avenida Luiz Giarola, a qual recebe os fluxos d'água de três direções. Essas águas, que deveriam drenar a jusante, interceptando a Avenida 31 de Março, ficam represadas devido à elevação do nível desta (fig. 39). Além disso, há, paralelamente à Avenida Luiz Giarola, dois córregos intermitentes, nos quais os canais e as manilhas se encontram constantemente obstruídos.

Chuvas inundam ruas na Colônia do Marçal

A rua Luiz Giarola, na Colônia do Marçal, transformou-se num verdadeiro rio no início da noite da última terça-feira, 8. A forte chuva que caiu deixou carros em dificuldades para trafegar pela via. Alguns motoristas precisaram parar no acostamento para evitar acidentes. Quem estava a pé é insistiu em enfrentar a força da água quase foi levado pela correnteza. Em uma rua transversal à Luiz Giarola a queda de uma árvore impediu a passagem de veículos e pedestres. As frentes do posto de saúde localizado no local e da Escola Estadual Brighenti Cesari ficaram alagadas.

Na manhã de quarta-feira, 9, a equipe da secretária municipal de obras visitou o local. De acordo com o secretário, Sérgio Cavalieri, galhos secos, entulhos e sacolas plásticas de lixo soltos na proximidade da rua Luiz Giarola são levados pelas águas da chuva para um canal que corta toda a extensão da via. Toda a sujeira faz um assoreamento do canal, que impede a passagem da água, ocasionando a inundação da rua. No mesmo dia da visita, a equipe da secretaria realizou um trabalho de desassoreamento, tirando com máquinas e caminhões o entulho e o barro. Mas o secretário alega que as manilhas colocadas debaixo das passagens para as entradas das residências prejudicam ainda mais o escoamento da água. Nesse caso, ressalta Cavalieri, é preciso que a população tome consciência do problema. Segundo ele, os moradores precisam realizar a retirada dessas manilhas, pois são responsáveis pelo represamento da água.

O secretário também avisa que os morados devem evitar deixar as sacolas plásticas na rua, já que funcionam como obstáculos para água. "Esse trabalho que realizamos na rua Luiz Giarola tem o sentido paliativo", garante Cavalieri, explicando que uma intervenção deve ser feita, no período de seca, no ponto onde toda a água que desce da via deságua, na avenida 31 de Março. "Lá precisa de um serviço de desassoreamento, pois o terreno está com um nível elevado e represa a água, causando transtornos para a Luiz Giarola", afirma o secretário, que assegura que esse trabalho deve ser concretizado em 2006.

HARALDO SAVASSI/DIVULGAÇÃO

Chuvas inundaram a rua Luiz Giarola na Colônia do Marçal

Fig. 38 - Chuvas inundam ruas na Colônia do Marçal (Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2005, p. 2).

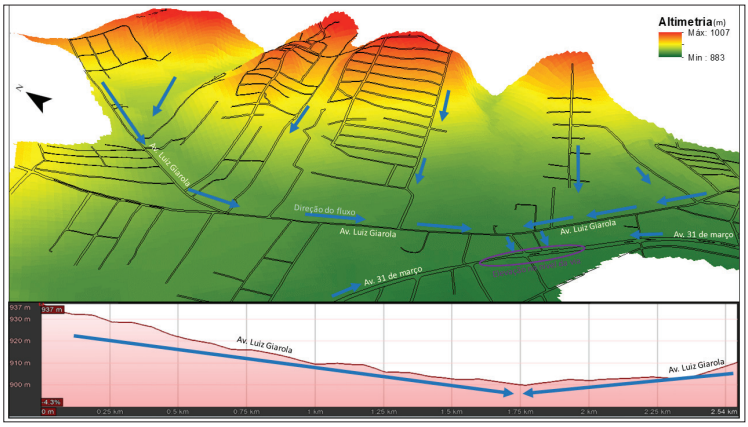


Fig. 39 - Esquema ilustrativo do relevo e estrutura viária da Colônia do Marçal (Fonte: Ferreira *et al.*, 2022, p. 1756).

Dois anos após o evento supracitado, em 20 janeiro de 2007, as inundações deixaram famílias desabrigadas e causaram um óbito por afogamento na Avenida Luiz Giarola (Gazeta de São João del-Rei, 2007a). O jornal se refere à vítima como a primeira do ano de 2007 (fig. 40).

Chuvas causam prejuízos e morte

São João mobilizada para ajudar os desabrigados

A tromba d'água que caiu no último domingo, 21, em São João del Rei causou prejuízos e deixou mais de 60 famílias desalojadas, destruiu ruas e pontes. As Secretarias envolvidas no socorro aos desalojados e na recuperação das ruas e pontes atingidas fizeram levantamento dos danos e, até ontem, 26, ainda não definiram se decretariam ou não o Estado de Emergência no município. "Duas pontes no Residencial Lenheiro têm que ser interditadas. Algumas ruas tiveram o asfalto rompido e também estão fechadas", disse o prefeito Sidney Antônio de Souza ao avaliar os danos causados pelas chuvas do último domingo.

❖PÁGINAS 2 E 3

Chuva faz a primeira vítima no município

Sebastião Francisco dos Santos Neto, 71 anos, foi a primeira vítima das chuvas em São João del Rei. Ele era viúvo e morava sozinho na Rua Padre Faustino, Centro. O aposentado foi a 24ª vítima das enchentes em Minas Gerais este ano. De acordo com informações da Polícia Militar, ele tinha saído da casa de amigos, quando tentou atravessar a Rua Luiz Giarola, na Colônia do Marçal.

❖PÁGINA 2

❖ Na Rua Padre Rocha, no Tijuco, comerciantes e moradores retiram a lama que se acumulou sobre o asfalto

Fig. 40 - Chuvas causam prejuízos e morte
(Fonte: Gazeta de São João del-Rei, 2007a, p. 2).

Seguidamente, em 7 de fevereiro do mesmo ano, pelo menos 18 pessoas foram desalojadas em decorrência de inundações. Foi o segundo evento extremo em 20 dias. O Córrego do Lenheiro transbordou, ocupando as vias marginais e as casas no bairro Tejuco (fot. 11). A Vila Nossa Senhora de Fátima também foi atingida (Gazeta de São João del-Rei, 2007b).

Em 15 de outubro, outro evento chuvoso, acompanhado de ventania, causou inundações e queda de árvores na cidade (fot. 12) (Gazeta de São João del Rei, 2007c).

De 2008 a 2010, não foram encontrados registros de eventos chuvosos com dano potencial. Mas, em 2011, após um acúmulo de 33,6 mm entre as 2h e as 23h do dia 26 de dezembro (INMET, 2011), o bairro Matosinhos e a Vila Nossa Senhora de Fátima foram afetados por inundações bruscas (Defesa Civil de São João del-Rei, 2015).

Fot. 11 - Inundação no Tejuco (Fonte: Ferreira et al., 2022, com base em Gazeta de São João del-Rei, 2007b, e em São João del-Rei, 2021).

Fot. 12 - Ventania e inundação (Fonte: Gazeta de São João del-Re, 2007c, p. 4).

As precipitações desse período se estenderam e, em 9 de janeiro de 2012, o Córrego do Lenheiro e o Rio das Mortes transbordaram. No dia seguinte, a água atingiu a Avenida Leite de Castro, passou por cima da Ponte do Bezerrão (fot. 13), interditou a ligação viária para Colônia do Marçal, Santa Cruz de Minas e a BR-494, que liga São João del-Rei aos municípios de São Tiago e Ritápolis.

Fot. 13 - Ponte do Bezerrão (via de ligação entre a Avenida Leite de Castro e a Colônia do Marçal), 2012 (Fotografia de Eustáquio e Ribeiro, 2012, s.p.).

Segundo Campos, Costa e Pereira (2014), a partir de uma análise pluviométrica com dados do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), a precipitação acumulada, para São João del-Rei, entre os meses de dezembro de 2011 e janeiro de 2012, foi de aproximadamente 950 mm.

Conforme a Gazeta de São João del-Rei (2012a, p. 3), "*foram as piores enchentes dos últimos 10 anos*". A cidade decretou situação de emergência por meio do Decreto n. 4.858/2012 (São João del-Rei, 2015a). Os prejuízos causados pelas inundações desses dois meses somaram R$ 2.780.865,00. Foram 35 imóveis danificados e/ou destruídos, 2.333 pessoas afetadas, 4 desabrigados e 147 desalojados (Defesa Civil de São João del-Rei, 2015). No dia 13 de março de 2012, 40 minutos de chuva foram o suficiente para ocasionar deslizamentos e inundar mais de 40 casas nas imediações do Rio Acima (afluente da margem direita do Córrego do Lenheiro, no Tejuco) e perda total de 25 delas (Gazeta de São João del-Rei, 2012b).

O problema se repetiu em 30 de novembro de 2013. Os bairros afetados foram: Tejuco, Centro e Vila Nossa Senhora de Fátima. Os prejuízos causados pelo evento somaram R$ 171.868,36 (Defesa Civil de São João del-Rei, 2015).

No ano de 2016, não foram identificados registros de inundações e deslizamentos. Porém, dois alagamentos críticos e com fortes enxurradas atingiram a Avenida Luiz Giarola (fot. 14). Esses processos ocorreram nos dias 20 de maio e 9 de dezembro de 2016 (Pop News, 2016).

Fot. 14 - Enxurradas na Avenida Luiz Giarola (Fotografia de Pop News, 2016).

Em 27 de dezembro de 2017, o aumento do nível da água do Córrego do Lenheiro deixou a população do Tejuco em alerta. O nível do rio aumentou rapidamente e ficou a poucos centímetros da rua (Pop News, 2017), como se vê na fot. 15.

Segundo a Defesa Civil de São João del-Rei (2018a), em 16 de março de 2018, o Ribeirão Água Limpa transbordou na altura da Vila Nossa Senhora de Fátima, inundando calçadas, imóveis e vias (fot. 16). Nas Avenidas Leite de Castro, 31 de Março e Luiz Giarola ocorreram alagamentos.

Fot. 15 - Nível elevado do Lenheiro na altura do Tejuco (Fotografia de Pop News, 2017).

Fot. 16 - Vila Nossa Senhora de Fátima (Fotografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2018a, p. 2).

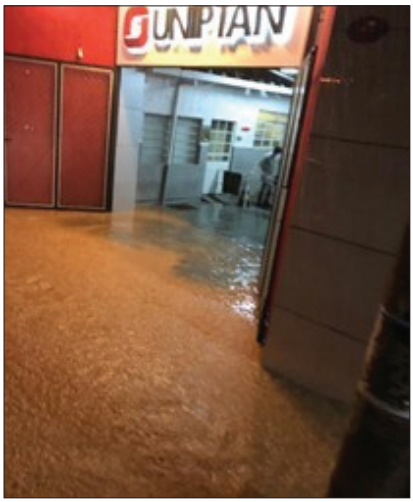
No dia 7 de dezembro do mesmo ano, houve mais um registro de alagamento nas mesmas avenidas supracitadas, além das ruas Quintino Bocaiúva, Antônio Rocha e Padre Rocha. Na Avenida Leite de Castro, a água invadiu o interior da Escola Garcia de Lima (fot. 17).

Fot. 17 - Escola Garcia de Lima (Fotografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2018b, p. 4).

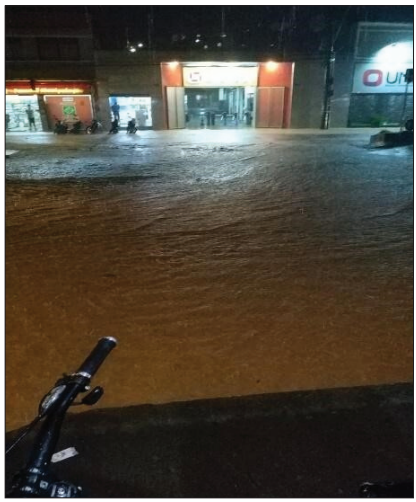
Houve, também, transbordamento do Córrego do Lenheiro na altura do Tejuco, na Rua Joaquim Timóteo (Defesa Civil de São João del-Rei, 2018) (fot. 18), e forte enxurrada na Rua Aureliano Pimentel, onde a água invadiu garagens niveladas à altura da rua e arrastou uma moto.

Fot. 18 - Rua Joaquim Timóteo (Fotografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2018b, p. 5).

Em 13 de março de 2019, foram registrados alagamentos nas Avenidas Leite de Castro, 31 de Março e Luiz Giarola (fot. 19, 20 e 21).



Fot. 19 - Avenida Leite de Castro (Fotografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2019, p. 2).



Fot. 20 - Avenida Leite de Castro (Fotografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2019, p. 2).

Fot. 21 - Avenida Luiz Giarola. (otografia de Defesa Civil de São João del-Rei, 2019, p. 2).

A Avenida Leite de Castro, do mesmo modo que a Luiz Giarola, possui estrutura de drenagem deficitária e recebe todo o fluxo d'água conduzido pelas vias a montante, conforme ilustra a fig. 41.

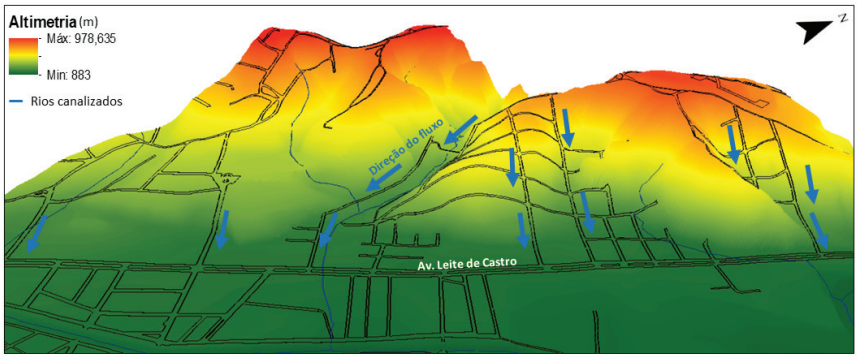
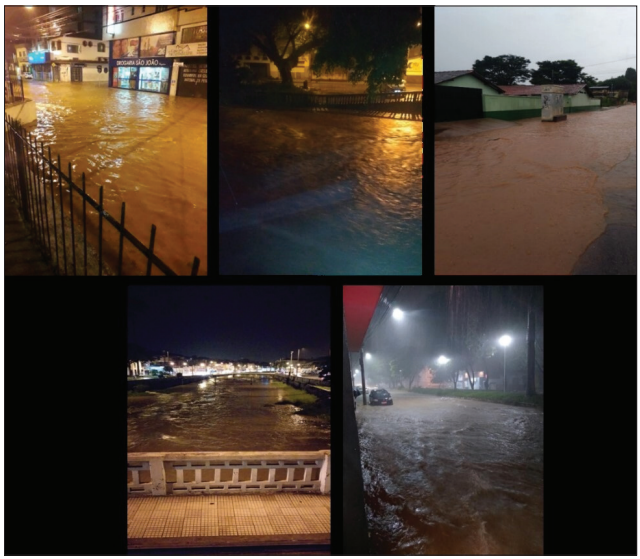


Fig. 41- Esquema ilustrativo do relevo e estrutura viária da Avenida Leite de Castro (Fonte: Ferreira *et al.*, 2022, p. 1764).

No dia 13 de fevereiro de 2020, a chuva causou enchente e posterior transbordamento em parte do Tejuco, na Rua Rossini Bacarini. Próximo ao Terminal Rodoviário, o Córrego do Lenheiro atingiu a altura da mureta de proteção. Nos bairros Fábricas e Colônia do Marçal, os alagamentos e enxurradas causaram transtornos, interditaram vias e invadiram casas e comércios (AMMAS del-Rei, 2020a; Vianini, 2020), como pode ser visto na fot. 22.



Fot. 22 - Inundações e alagamentos de 13 de fevereiro de 2020 (Fotografia de Ammas Del-Rei (2020a), Vianini (2020) e acervo do autor, 2020).

Segundo a Defesa Civil de São João del-Rei (2020), os danos causados por esse evento somaram aproximadamente R$ 50 mil, 150 pessoas afetadas e 16 desalojadas. O fator mais preocupante, durante esse período de chuvas, foi o aumento do nível do Rio das Mortes, que transbordou sobre áreas de pastagem próximas à Ponte do Bezerrão (Vila Nossa Senhora de Fátima) e no entorno da ponte que liga o bairro Fábricas à Colônia do Marçal (fot. 23) (AMMAS del-Rei, 2020b).

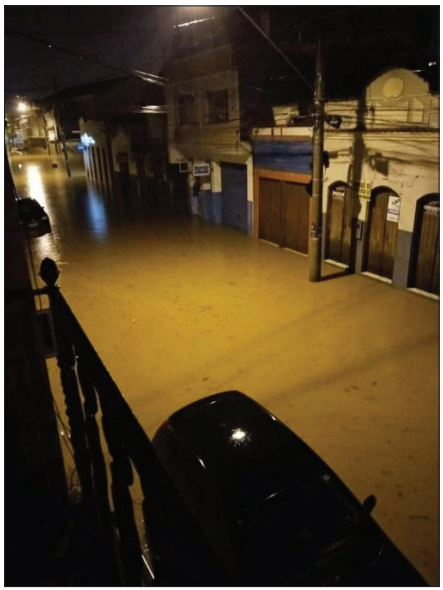
Fot. 23 - Transbordamento do Rio das Mortes (Fotografia de Ammas Del-Rei, 2020b).

Nos dias 21 e 22 de dezembro de 2020, novamente várias ruas ficaram alagadas, inclusive na área central da cidade (fot. 24 e 25). Observa-se que não ocorreu transbordamento do Córrego do Lenheiro (Pop News, 2020). Todavia, foram detectados alagamentos que resultam do deficiente e quase inexistente sistema de drenagem, somados à impermeabilização excessiva do solo urbano.

Fot. 24 - Alagamento na Travessa Lopes Bahia - região central de São João del-Rei (Fotografia: acervo de Raquel Ramos, 2020).

Fot. 25 - Alagamento na Avenida Eduardo Magalhães (região central de São João del-Rei) (Fotografia de Pop News, 2020).

Em 19 de fevereiro de 2021, o Córrego do Lenheiro transbordou, inundou duas casas, um bar e uma barbearia (Pop News, 2021), além da Rua General Osório (fot. 26). Na Colônia do Marçal, ruas ficaram alagadas e a enxurrada destruiu o canteiro central da avenida 31 de Março.



Fot. 26 - Rua General Osório
(Fotografia de Ammas Del-Rei, 2021).

Por fim, reforça-se que o número de eventos acima descritos pode ser ainda maior, dado que existe a possibilidade de não terem sido registrados ou que vários desses registros possam ter se perdido nos 308 anos de São João del-Rei.

Seria também importante efetuar o levantamento do volume de chuva na área em questão. Isso responderia, fisicamente, se as precipitações têm aumentado em volume e intensidade ou se o problema resulta do aumento do escoamento superficial resultante do crescimento urbano, somado à drenagem deficiente. Porém, as estações pluviométricas de São João del-Rei trazem somente informações a partir do ano de 2006, além de muitas falhas de aquisição, justificadas por panes nos sensores, na comunicação das estações ou ausência de observações, segundo o INMET (2021). Essa deficiência corrobora a importância dos dados de satélites para os estudos pluviométricos.

3.2 Considerações gerais

O levantamento e análise temporal dos eventos de inundação e deslizamento em São João del-Rei evidenciam a relação secular existente entre a cidade e os referidos processos. Nota-se que, desde o período colonial, quando se constituiu o núcleo populacional minerário que deu origem à cidade, esses eventos são observados, sobretudo as enchentes e inundações, as quais despertavam a atenção de estudiosos que descreveram o local no século XVIII.

No decorrer do tempo, a ocorrência e a recorrência desses processos passaram a ser noticiadas pelos jornais locais e regionais como desastrosas ou perigosas. Ou seja, tornaram-se mais graves à medida que a cidade cresceu e ocupou áreas desfavoráveis à instalação e à segurança humana.

Nesse sentido, observa-se que existe uma relação intrínseca entre o crescimento da cidade, o uso do solo urbano e a frequência dos eventos em questão. Nota-se que, apenas entre 1980 e 2021, foram identificadas 21 ocorrências de inundações e/ou deslizamentos, as quais resultaram em prejuízos econômicos e sociais à São João del-Rei, além de perdas de vidas. Somado ao que é natural, surgem os problemas estruturais dos alagamentos ocasionados pela ausência de um sistema de drenagem eficiente. Essa carência também faz com que as vias, ruas e avenidas se tornem um dreno ao escoamento superficial, que atinge rapidamente o canal fluvial e excede sua capacidade de suporte, transbordando.

Portanto, o inventário corrobora a importância e a necessidade de estudos sobre a área em questão. Primeiro, por reunir um histórico de fatos, com dados, que compõem a história local e possibilitam a validação de mapas e modelos matemáticos que visem a representação das áreas de suscetibilidade a inundações e deslizamentos. Segundo, porque, de forma indissociável, pode ser considerado ferramenta-chave para a interpretação sistemática da paisagem fluvial e dinâmica das águas urbanas de São João del-Rei. Além disso, auxilia na análise geoespacial para elaboração dos planos e políticas de planejamento urbano, gestão de riscos, prevenção de desastres e suas mitigações.

Considerando essas afirmativas, os capítulos subsequentes discorrem sobre a paisagem fluvial de São del-Rei e, posteriormente, sobre os planos e políticas públicas relacionados ao planejamento e gestão de riscos.

CAPÍTULO 4
AS MODIFICAÇÕES ANTRÓPICAS NA PAISAGEM FLUVIAL DA CIDADE SÃO JOÃO DEL-REI[10]

[10] O conteúdo apresentado neste capítulo deve ser citado conforme Ferreira et al. (2023a).

As intervenções antrópicas na paisagem natural se tornaram recorrentes a partir da expansão dos núcleos e do aumento populacional, fazendo com que a relação estabelecida entre o ser humano e a natureza se distanciasse do modelo naturalista e assumisse uma premissa intervencionista. Dentre as diversas interferências no meio natural, este capítulo estabelece um recorte espacial sobre as modificações na paisagem fluvial urbana, em particular, nas ocasionadas pelas retificações, canalizações e tamponamentos dos rios urbanos.

A desnaturalização e descaracterização desse sistema faz com que a existência dos corpos hídricos seja ignorada, adquirindo notoriedade apenas quando processos de ordem natural, intensificados pelo ser humano, acarretam prejuízos ou desastres à população que, habitualmente, ocupa as áreas de várzea. Desse modo, reconhecer as referidas modificações e resgatar a relação de pertencimento com esse ambiente que, inicialmente, deu suporte à formação da maioria dos núcleos urbanos, torna-se essencial ao planejamento da paisagem local e ordenamento urbano.

A partir desse entendimento, o objetivo deste capítulo é apresentar alterações da paisagem fluvial de São João del-Rei, causadas, sobretudo, por retificações, canalizações e tamponamento dos rios, o que interfere na dinâmica das águas urbanas. O método de pesquisa empregado nesta etapa do estudo foi fundamentado na perspectiva descritiva e investigativa, que consiste no aprofundamento de informações sobre um dado fenômeno. Desse modo, trata-se de um estudo empírico elaborado a partir do levantamento de informações históricas que possibilitam explorar ou descrever fenômenos atuais. Esses, quando detalhados e contextualizados, fornecem conhecimentos profundos sobre o meio estudado (Yin, 2009).

Assim, foram efetuados trabalhos de campo e, como no capítulo anterior, levantamentos em acervos e sites, como: Hemeroteca Digital da Biblioteca Nacional e Biblioteca Municipal Baptista Caetano d'Almeida; imagens e notícias de grupos de Facebook, como o "A Antiga São João del-Rei", composto por historiadores e estudiosos da cidade. Nas plataformas digitais, utilizou-se como filtro a palavra-chave "São João del-Rei", em suas diversas variações de escrita. Nos jornais que continham o nome da cidade, buscou-se: Lenheiro, Rio das Mortes, Água Limpa, obra, canalização, retificação e Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS). As representações cartográficas foram elaboradas no aplicativo ArcMap

a partir de bases do IBGE, da Prefeitura Municipal de São João del-Rei e do georreferenciamento de fotografia aérea parcial (década de 1950), tendo como referência a imagem Ikonos de São João del-Rei.

Os resultados obtidos neste trabalho são capazes de reforçar a discussão de que o ser humano é um importante agente geomorfológico e, também, tornam-se ferramenta de requalificação e planejamento ao Poder Público e profissionais como geógrafos, arquitetos e historiadores.

4.1 As modificações antrópicas na paisagem fluvial de São João del-Rei

Como destacado no capítulo anterior, a presença de água sempre foi fator determinante para o surgimento das cidades e possibilitou que civilizações inteiras se consolidassem e desenvolvessem técnicas para alimentação e sobrevivência. Historicamente, as sociedades construíram cidades às margens dos cursos d'água, por isso, com frequência, a presença dos rios desenha e compõe a paisagem urbana (Alves, 2020; Passos *et al.*, 2018).

No entanto, à medida que a cidade expandiu e o ser humano adotou a lógica de domínio da natureza, os rios passaram a sofrer os impactos hidrológicos e ambientais do crescimento urbano (Baptista; Cardoso, 2013). Assim, a relação harmônica entre cidade e curso d'água tornou-se antagônica — "cidade *versus* curso d'água" — e os rios passaram a se configurar como obstáculos à expansão, ocupação e desenvolvimento (Alves, 2020).

Acreditava-se que esse problema resultante da "existência do rio na cidade", e não o contrário, poderia ser enfrentado por meio da drástica alteração da estrutura natural da paisagem fluvial (Costa, 2006). A partir desse movimento higienista, diversas intervenções modificaram a paisagem natural e implementaram uma paisagem antrópica composta por aterros, canalizações e retificações (Carvalho; Marangon; Santos, 2020; Faria, 2015; Sartório, 2018). Desse modo, as canalizações, dentre outras obras, passam a integrar a paisagem urbana e a desnaturalizar a dinâmica do sistema fluvial (Rocha, 2008). Sua utilização e implementação são geralmente justificadas por: presença de esgoto e possibilidade da inserção dos interceptores;

desejo da comunidade; construção de vias; manutenção; aceleração do escoamento e redução do tempo de concentração, evitando os transbordamentos (Tucci, 2005).

No entanto, comumente, a infraestrutura se torna insuficiente ou ineficaz, pois, muitas vezes, o projeto não considera a expansão urbana contínua e sem planejamento. Esse processo amplia a impermeabilização e, consequentemente, o escoamento superficial, conduzindo ao canal uma carga hídrica superior à capacidade inicial.

Portanto, a funcionalidade da canalização dos rios urbanos pode ser temporária frente à expansão da cidade. Além disso, por vezes, ameniza o inconveniente das cheias em pontos críticos, transferindo-os para a jusante, com efeitos maiores do que aqueles observados anteriormente (Miguez; Rezende; Veról, 2016). Isso ocorre porque a retirada dos meandros e homogeneização da calha reduzem a rugosidade do leito, implicando na ampliação absoluta e na velocidade dos caudais escoados (Guerra; Marçal, 2006).

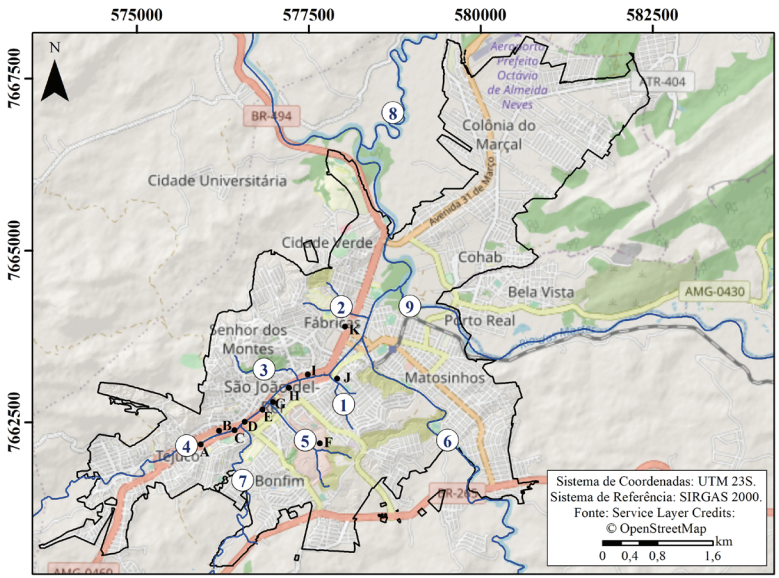
Diante dessas consequências e disfuncionalidades, várias cidades do mundo que, no passado, adotaram a canalização, a retificação e o tamponamento dos rios estão revertendo esse processo e renaturalizando, ou requalificando, o canal fluvial. É o caso do Rio Cheonggyecheon (Coreia do Sul), Rio Isar (Alemanha), Rio Mapocho (Chile) e outros.

No Brasil, apesar de já existirem propostas de renaturalização de rios, como o Rio das Velhas, em Minas Gerais, bem como canais renaturalizados, por exemplo, o Rio Tijuco Preto, em São Paulo, a relação com as águas urbanas se mantém majoritariamente antagônica, e a canalização persiste em cidades de todo porte. Exemplo disso são os rios canalizados, ou "encaixotados fluviais" (Magalhães Júnior; Marques, 2014, p. 106), de São Paulo, Curitiba, Goiânia, Presidente Prudente, Belo Horizonte, Caxambu, Chapecó, Crato, Juiz de Fora e São João del-Rei, dentre outras.

De modo geral, a implementação dessas estruturas faz com que os rios passem a maior parte do tempo esquecidos (Campos; Dias, 2020). Com isso, eles perdem a própria história e a relação de pertencimento que, anteriormente, proporcionaram, sendo lembrados apenas como "vilões" da cidade em eventos de cheias excepcionais. A partir dessa concepção, foi possível reaver o histórico de modificações na paisagem fluvial de São João del-Rei, em Minas Gerais, com ênfase no processo de canalização

do Córrego do Lenheiro, na modificação do Ribeirão Água Limpa e nas inundações urbanas. Ressalta-se que a intervenção sofrida por esses canais se tornou corriqueira diante do olhar da cidade. Desse modo, tanto as características pretéritas como o processo de transformação perderam-se na história oral e documental, gerando uma lacuna histórica que pôde ser recuperada por meio do resgate documental.

Para iniciar o entendimento da história, reforça-se que, de modo semelhante à maioria das cidades, São João del-Rei nasceu, consolidou-se e se expandiu às margens dos rios, sobretudo o Córrego do Lenheiro, que se destaca como a espinha dorsal da expansão da cidade (fig. 42).



Legenda

Limite da Mancha Urbana/Cidade

Hidrografia

1: Córrego da Caieira
2: Córrego da Voçoroca do Dom Bosco
3: Córrego das Bêtas
4: Córrego do Lenheiro
5: Córrego do Segredo
6: Ribeirão Água Limpa
7: Ribeirão Rio Acima
8: Rio Carandaí
9: Rio das Mortes

Pontos de referências e localização

A: Rua São João
B: Rua Rossini Bacarini
C: Ponte da Biquinha
D: Ponte do Rosário
E: Ponte da Cadeia
F: Batalhão de Infantaria
G: Teatro Municipal
H: Estação Ferroviária
I: Ruas Antônio Josino de Andrade e Aldo Zerlotine
J: Rua Henrique Benfenatie
K: Rua Frei Cândido

Fig. 42 - Mapa de localização dos canais fluviais e pontos de referência descritos na seção 4.1 (Fonte: Ferreira, 2023).

Ao que tudo indica, o córrego compunha a paisagem local em leito espraiado, sobretudo, em sua margem direita (fot. 27). Tal inferência é pautada no topônimo "beira da praia", utilizado pela população local para se referir ao rio. Além disso, o Lenheiro caracterizava-se por trechos pedregosos, nos quais a soleira exposta e a ruptura de declive o faziam encachoeirado (fot. 28).

Fot. 27 - São João del-Rei, 1921 (Fotografia de A Antiga São João del-Rei , 2015).

Fot. 28 - Cachoeira do Córrego do Lenheiro (natural na fotografia em preto e branco e atualmente concretado (Fotografia Adaptada de A Antiga São João del-Rei, 2015).

Como de costume, a expansão da cidade ocorreu sem planejamento, ocupou a margem de outros rios e subiu as encostas. Devido à impermeabilização do solo, o excedente hídrico passou a ser maior e contribuiu de forma mais instantânea para o aumento do nível desses rios durante as chuvas. A preocupação com os impactos da impermeabilização das vias de São João del-Rei levou Câmara (1970) a

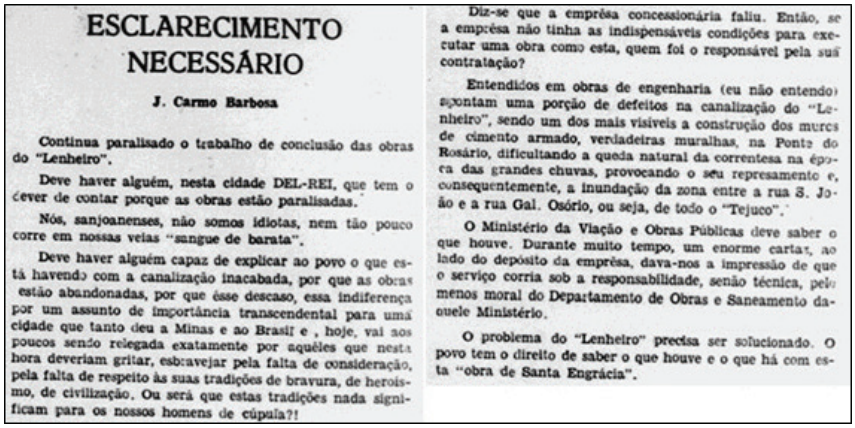
enfatizar a resistência, a durabilidade e a importância de paralelepípedos utilizados no calçamento da cidade desde 1924. Segundo o autor, o calçamento possuía maior capacidade de infiltração das águas da chuva e era indicado para as cidades de clima tropical, mesmo as de microclima ameno. Apesar do alerta, com o tempo, São João del-Rei adotou o asfalto como principal pavimentação. Essa escolha, somada à morfologia urbana e um sistema de drenagem deficiente, ampliou a ocorrência de inundações e alagamentos, os quais, recorrentemente, ocasionam transtornos à população, senão desastres.

Nesse sentido, destaca-se que, entre os anos de 1888 e 2021, foram identificados, em São João del-Rei, 37 eventos desastrosos, os quais estão relacionados às águas urbanas e a processos como enxurradas, inundações e alagamentos. Estes, principalmente as inundações, resultaram em mortes e prejuízos que, no tempo histórico, foram cotados na casa de milhares e milhões de réis (O Pharol, 1917), cruzeiros (Tribuna Sanjoanense, 1992) e reais (Defesa Civil de São João del-Rei, 2015).

Tendo esses fatores como motivação, bem como o higienismo, foram iniciadas obras de canalização do Córrego do Lenheiro (Ponte da Cadeia, 1969b). O processo ocorreu por meio de licitação sob responsabilidade do Governo Federal, junto ao DNOS (Ponte da Cadeia, 1967). Esse departamento foi responsável por uma série de intervenções em canais fluviais brasileiros, sobretudo na Baixada Fluminense (Cunha; Dias, 2017). Dentre os objetivos gerais das obras do DNOS estavam: concretar e alargar diversos rios para "limpar ou enxugar" as planícies de inundação, controlar as enchentes e aumentar as terras secas (Assumpção; Marçal, 2012). A atuação e postura do órgão eram nitidamente antropocêntricas, baseadas na superação do aspecto físico e da geografia política (traçado de fronteiras) do local. Havia, assim, o empenho em moldar o espaço e implementar uma "geografia humana", no sentido de antropicamente moldada (Soffiati, 2005).

Em 1967, a obra ainda não havia sido concluída e foi motivo de críticas e dúvidas quanto à funcionalidade. Falava-se que a canalização poderia trazer riscos ao patrimônio municipal, dado que, na última enchente, teria causado represamento nas imediações da Ponte do Rosário (Ponto D – Fig. 42), a qual data do século XIX e compõe o conjunto arquitetônico tombado em 1947. Além disso, a

qualidade do projeto era vista como duvidosa e a calha subdimensionada, o que não comportaria o rio caudaloso que o Lenheiro se transformava durante as cheias (fig. 43) e intensificaria o efeito remanso (Barbosa, 1968). Essas críticas e insatisfações passaram a ser ainda maiores com a declaração de falência da empreiteira responsável e o abandono da obra (fig. 44).



ESCLARECIMENTO NECESSÁRIO

J. Carmo Barbosa

Continua paralisado o trabalho de conclusão das obras do "Lenheiro".

Deve haver alguém, nesta cidade DEL-REI, que tem o dever de contar porque as obras estão paralisadas.

Nós, sanjoanenses, não somos idiotas, nem tão pouco corre em nossas veias "sangue de barata".

Deve haver alguém capaz de explicar ao povo o que está havendo com a canalização inacabada, por que as obras estão abandonadas, por que êsse descaso, essa indiferença por um assunto de importância transcendental para uma cidade que tanto deu a Minas e ao Brasil e , hoje, vai aos poucos sendo relegada exatamente por aquêles que nesta hora deveriam gritar, esbravejar pela falta de consideração, pela falta de respeito às suas tradições de bravura, de heroísmo, de civilização. Ou será que estas tradições nada significam para os nossos homens de cúpula?!

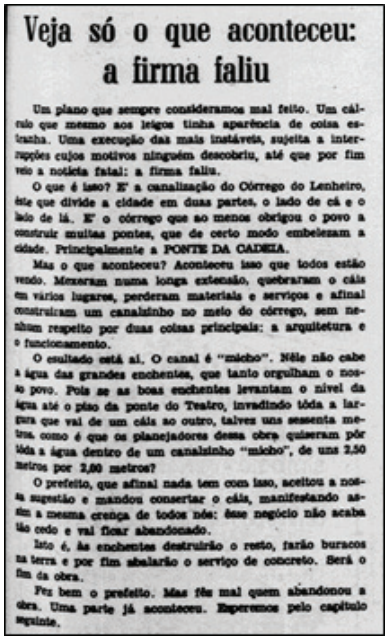
Diz-se que a emprêsa concessionária faliu. Então, se a emprêsa não tinha as indispensáveis condições para executar uma obra como esta, quem foi o responsável pela sua contratação?

Entendidos em obras de engenharia (eu não entendo) apontam uma porção de defeitos na canalização do "Lenheiro", sendo um dos mais visíveis a construção dos muros de cimento armado, verdadeiras muralhas, na Ponte do Rosário, dificultando a queda natural da correntesa na época das grandes chuvas, provocando o seu represamento e, consequentemente, a inundação da zona entre a rua S. João e a rua Gal. Osório, ou seja, de todo o "Tejuco".

O Ministério da Viação e Obras Públicas deve saber o que houve. Durante muito tempo, um enorme cartaz, ao lado do depósito da emprêsa, dava-nos a impressão de que o serviço corria sob a responsabilidade, senão técnica, pelo menos moral do Departamento de Obras e Saneamento daquele Ministério.

O problema do "Lenheiro" precisa ser solucionado. O povo tem o direito de saber o que houve e o que há com esta "obra de Santa Engrácia".

Fig. 43 - Esclarecimento sobre as obras do Lenheiro (Fonte: Barbosa,1968, p. 3).



Veja só o que aconteceu: a firma faliu

Um plano que sempre consideramos mal feito. Um cálculo que mesmo aos leigos tinha aparência de coisa estranha. Uma execução das mais instáveis, sujeita a interrupções cujos motivos ninguém descobriu, até que por fim veio a notícia fatal: a firma faliu.

O que é isso? E' a canalização do Córrego do Lenheiro, êste que divide a cidade em duas partes, o lado de cá e o lado de lá. E' o córrego que ao menos obrigou o povo a construir muitas pontes, que de certo modo embelezam a cidade. Principalmente a PONTE DA CADEIA.

Mas o que aconteceu? Aconteceu isso que todos estão vendo. Mexeram numa longa extensão, quebraram o cáis em vários lugares, perderam materiais e serviços e afinal construiram um canalzinho no meio do córrego, sem nenhum respeito por duas coisas principais: a arquitetura e o funcionamento.

O resultado está aí. O canal é "micho". Nêle não cabe a água das grandes enchentes, que tanto orgulham o nosso povo. Pois se as boas enchentes levantam o nível da água até o piso da ponte do Teatro, invadindo tôda a largura que vai de um cáis ao outro, talves uns sessenta metros, como é que os planejadores dessa obra quiseram pôr tôda a água dentro de um canalzinho "micho", de uns 2,50 metros por 2,00 metros?

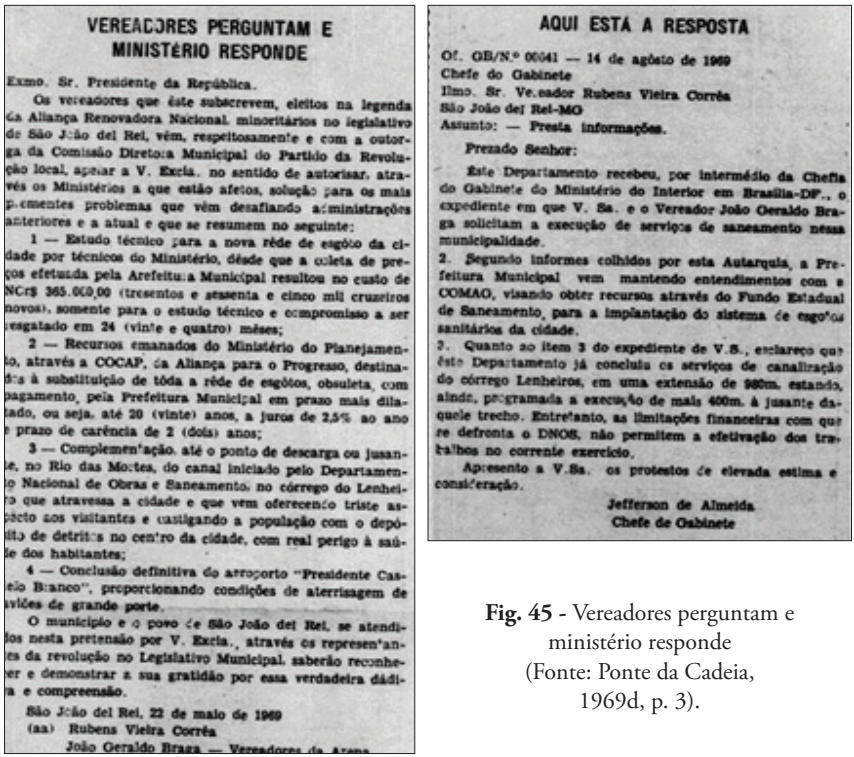
O prefeito, que afinal nada tem com isso, aceitou a nossa sugestão e mandou consertar o cáis, manifestando assim a mesma crença de todos nós: êsse negócio não acaba tão cedo e vai ficar abandonado.

Isto é, as enchentes destruirão o resto, farão buracos na terra e por fim abalarão o serviço de concreto. Será o fim da obra.

Fez bem o prefeito. Mas fêz mal quem abandonou a obra. Uma parte já aconteceu. Esperemos pelo capítulo seguinte.

Fig. 44 - A falência da empreiteira (Fonte: Ponte da Cadeia, 1969c, p. 1).

Em carta do Poder Legislativo municipal à Presidência da República, identificou-se que o projeto inicial previa 1.380 metros de canalização, partindo do Tejuco até o ponto de descarga no Rio das Mortes. No entanto, em quatro anos de obra, apenas 980 m do rio foram canalizados, ou seja, o trecho entre as imediações da Ponte da Biquinha (Ponto C – fig. 42) e a Estação Ferroviária (Ponto H – fig. 42). Assim, restaram 400 metros do projeto inicial sem efetivação da obra (fig. 45).



VEREADORES PERGUNTAM E MINISTÉRIO RESPONDE

Exmo. Sr. Presidente da República.

Os vereadores que êste subscrevem, eleitos na legenda da Aliança Renovadora Nacional, minoritários no legislativo de São João del Rei, vêm, respeitosamente e com a outorga da Comissão Diretora Municipal do Partido da Revolução local, apelar a V. Excia. no sentido de autorizar, através os Ministérios a que estão afetos, solução para os mais prementes problemas que vêm desafiando administrações anteriores e a atual e que se resumem no seguinte:

1 — Estudo técnico para a nova rêde de esgôto da cidade por técnicos do Ministério, desde que a coleta de preços efetuada pela Arefeitura Municipal resultou no custo de NCr$ 365.000,00 (trezentos e sessenta e cinco mil cruzeiros novos), somente para o estudo técnico e compromisso a ser resgatado em 24 (vinte e quatro) meses;

2 — Recursos emanados do Ministério do Planejamento, através a COCAP, da Aliança para o Progresso, destinados à substituição de tôda a rêde de esgôtos, obsoleta, com pagamento, pela Prefeitura Municipal em prazo mais dilatado, ou seja, até 20 (vinte) anos, a juros de 2,5% ao ano e prazo de carência de 2 (dois) anos;

3 — Complementação, até o ponto de descarga ou jusante, no Rio das Mortes, do canal iniciado pelo Departamento Nacional de Obras e Saneamento no córrego do Lenheiro que atravessa a cidade e que vem oferecendo triste aspécto aos visitantes e castigando a população com o depósito de detritos no centro da cidade, com real perigo à saúde dos habitantes;

4 — Conclusão definitiva do aeroporto "Presidente Castelo Branco", proporcionando condições de aterrissagem de aviões de grande porte.

O município e o povo de São João del Rei, se atendidos nesta pretensão por V. Excia., através os representantes da revolução no Legislativo Municipal, saberão reconhecer e demonstrar a sua gratidão por essa verdadeira dádiva e compreensão.

São João del Rei, 22 de maio de 1969
(aa) Rubens Vieira Corrêa
João Geraldo Braga — Vereadores da Arena

AQUI ESTÁ A RESPOSTA

Of. GB/N.º 00041 — 14 de agôsto de 1969
Chefe do Gabinete
Ilmo. Sr. Vereador Rubens Vieira Corrêa
São João del Rei-MG
Assunto: — Presta informações.

Prezado Senhor:

Este Departamento recebeu, por intermédio da Chefia do Gabinete do Ministério do Interior em Brasília-DF., o expediente em que V. Sa. e o Vereador João Geraldo Braga solicitam a execução de serviços de saneamento nessa municipalidade.

2. Segundo informes colhidos por esta Autarquia, a Prefeitura Municipal vem mantendo entendimentos com a COMAG, visando obter recursos através do Fundo Estadual de Saneamento, para a implantação do sistema de esgotos sanitários da cidade.

3. Quanto ao item 3 do expediente de V.S., esclareço que êste Departamento já concluiu os serviços de canalização do córrego Lenheiros, em uma extensão de 980m, estando, ainda, programada a execução de mais 400m. à jusante daquele trecho. Entretanto, as limitações financeiras com que se defronta o DNOS, não permitem a efetivação dos trabalhos no corrente exercício.

Apresento a V.Sa. os protestos de elevada estima e consideração.

Jefferson de Almeida
Chefe de Gabinete

Fig. 45 - Vereadores perguntam e ministério responde (Fonte: Ponte da Cadeia, 1969d, p. 3).

Uma década depois, após a ocorrência de uma inundação destruidora no início do ano de 1978, o DNOS solicitou a execução de estudos técnicos para a solução do problema em São João del-Rei (Tribuna Sanjoanense, 1978b). Assim, em junho do mesmo ano, como medida remediativa, foram iniciadas novas obras de alargamento das margens e aprofundamento do leito do Córrego do Lenheiro, na região do Tejuco (fig. 46) (Tribuna Sanjoanense, 1978c).

Obras no Córrego do Lenheiro

Atendendo antiga aspiração dos moradores do bairro do Tijuco, residentes nas proximidades do Córrego do Lenheiro e que durante as épocas das chuvas permaneciam em constante ameaça de verem seus lares invadidos pelas águas, o Prefeito Otávio de Almeida Neves providenciou no início deste mês importante obra de drenagem do leito daquele ribeirão.

Diversas máquinas estão fazendo o serviço que consta de alargamento das suas margens, sendo que quando concluído será feita a construção de paredões de arrimo e cais e posteriormente será feita a gramagem e arborização.

Essa importante obra, talvez a mais importante já executada pelo atual Prefeito, estará totalmente concluída dentro de alguns meses e solucionará definitivamente o problema das enchentes no populoso bairro.

Fig. 46 - Obras no Córrego do Lenheiro
(Fonte: Tribuna Sanjoanense, 1978c, p. 1).

Mesmo com a canalização parcial e diversas intervenções na condição natural do rio, entre 1969 e 1983, ocorreram quatro inundações de magnitude elevada e que acarretaram prejuízos sociais, econômicos e uma morte. Dentre esses eventos, o ocorrido em 1971 chamou a atenção pela velocidade da água (Ponte Da Cadeia, 1971), possivelmente, consequência da canalização.

Diante da recorrência dos desastres e da ineficácia da canalização, em 1986, foram demolidos 80 metros do que havia sido construído duas décadas antes. O trecho destruído foi entre a cachoeira da Ponte do Rosário e a Ponte da Biquinha (fig. 47). O fato foi justificado pela necessidade de aprofundar 1 metro do canal (Jornal de São João del Rey, 1986a), dado que ele não comportava o caudal. A obra se estendeu 390 m sentido Córrego Rio Acima, afluente do Lenheiro, inserindo-o na canalização. Inicialmente, o custo da implementação foi de 1,5 bilhão de cruzeiros, o que correspondia a 1,8 milhões de salários-mínimos do período (Brasil, 1986). A empresa responsável pela reforma chamava-se Irmãos Vianini (Jornal de São João del Rey, 1986a).

Lenheiro terá 80 metros demolidos

Um trecho de oitenta metros do canal do Córrego Lenheiro, abrangendo a chamada "cachoeira" próxima à Ponte do Rosário, centro, será demolida para a realização das novas obras de canalização, de acordo com projeto do Departamento Nacional de Obras e Saneamento (DNOS) a ser executado pela empresa Irmãos Vianini após o verão. A demolição visa ao afundamento em um metro de profundidade do rio, para que seja construído em seguida um novo canal, explica o engenheiro da Vianini, Luiz Alberto Soldati.

Assim como o restante da canalização do Lenheiro, o trecho que será demolido foi feito pelo governo federal em 1966 e não tem profundidade maoior porque, na a época da obra, temia-se o comprometimento das fundações da Ponte do Rosário. A demolição, que dverá ser uma das primeiras iniciativas nesta primeira etapa da continuidade da canalização do Lenheiro e do Rio Acima, reduz a ampliação dare-de de canais para 310 metros, descontando-se a parte de oitenta metros a ser reconstruída do total de 390 metros anunciado.

A Irmãos Vianini canalizará nessa primeira fase (com custo de Cr$1,5 bilhão) duzentos metros do Lenheiro, até as imediações do Cine Artur Azevedo, no Tejuco, e 190 do Rio Acima. Na obra, que manterá as características da atual canalização (canal de concreto, talude gramado e muros de fechamento), está prevista a utilização de 7 mil 200 sacos de cimento, dezessete toneladas de ferro e 7 mil e 30 metros quadrados de grama batatais (**Paspalum Notatum**). Cerca de sessenta operários deverão fazer o serviço.

O canteiro de trabalhos será montado já em fevereiro e, de acordo com um dos donos da empresa, Oriente Vianini, será "o mais simples possível", já que a construtora possui sede no município. O cronograma da obra e as placas indicativas deverão estar concluídos na próxima semana, quando a Vianini espera também assinar o contrato de subempreiteira com a Empresa de Dragagem e Engenharia Limita (Edel). A empreiteira assinou o contrato com o DNOS no dia 2. no Rio de Janeiro.

Para a realização de obras complementares à canalização de Lenheiro e do Rio Acima, verba de Cr$ 1 bilhão 300 milhões está liberada à Prefeitura desde quarta-feira, 15, quando o prefeito Cid Valério assinou convênio com a Secretaria de Assuntos Especiais do Estado. Os recursos foram fornecidos pelo Ministérios do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente e entregues à Secretaria em 24 de dezembro. A aplicação da verba não se limitará, porém, à complementação das obras do Lenheiro e Rio Acima, e inclui serviços de saneamento básico na Colônia do Marçal, Caquende e Águas Gerais.

Outras obras com verbas do governo federal serão feitas em São João del Rei nos próximos meses e deverão ter definidas as empresas construtoras até o dia 31. São elas a primeira etapa da Escola Estadual Bárbara Helidora, na rua Oito de Dezembro, centro (verba de Cr$350 milhões do Ministério da Educação); postos de saúde do Caluru e Rio das Mortes (Cr$150 milhões do Ministério da Saúde); e escolas rurais de Fé e Trindade (verba de Cr$210 milhões do Ministério da Educação). A previsão do prefeito Cid Valério é de que as obras estarão prontas entre julho e agosto.

João Ramalho Neto

A "cachoeira", vista da Ponte do Rosário, está incluída na demolição

Fig. 47 - Lenheiro terá 80 m demolidos (Fonte: Jornal de São João Del Rey, 1986a, p. 3).

A demolição do trecho teve que ser efetuada a marteladas, pois as dinamites não conseguiram quebrar parte do espesso concreto (fig. 48) (Jornal de São João Del Rey, 1986b).

Após resistir à dinamite, Lenheiro retoma martelo

Com a escavação de um corredor alternativo para o escoamento das águas, a empresa sanjoanense Vianini iniciou os trabalhos de reconstrução e canalização do Córrego do Lenheiro, que corta o centro da cidade, visando terminar com o problema das enchentes no verão.

As quarta e quinta-feira, 19 e 20, foram marcadas por explosões no canteiro de obras, destinadas a remover as placas de concreto existentes no local, que chegam a medir 60 centímetros a um metro de espessura. Os explosivos, colocados por um técnico da empresa Britanit Indústria Química, de Rio Pomba, numa extensão de 60 metros quadrados na base do corredor de concreto do trecho entre a "Cachoeirinha" e a Ponte do Rosário, não surtiram o efeito desejado. Os abalos foram reduzidos, e agora os serviços prosseguem à base de martelo pneumático e retroescavadeira, como no início.

No total da obra, 80 metros do Lenheiro serão reconstruídos e 120 canalizados, além de 190 metros do Rio Acima. No trecho demolido, o novo canal terá a profundidade de 1,2 metros, o que ampliará a vazão das águas, permitindo um escoamento maior no período de chuvas.

A fase final das obras é a que mais precisará de gente, revela o engenheiro Luiz Alberto Soldati, explicando que vinte operários estarão trabalhando somente na montagem de novas placas de concreto.

Carla Duarte Mota

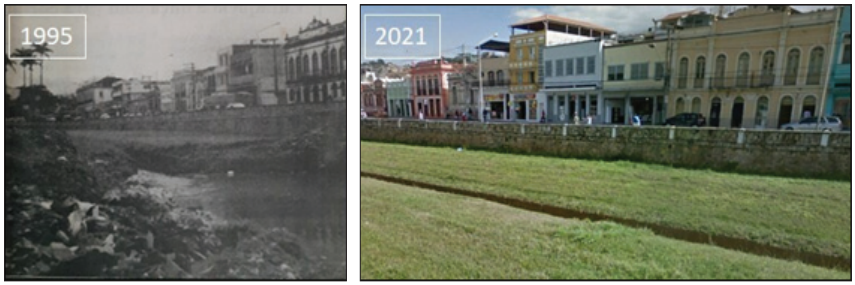
Nem explosivos removeram as placas de concreto

Fig. 48 - Demolição da canalização
(Fonte: Jornal de São João Del Rey, 1986b, p. 1).

Em 1987, com dois terços dessa obra de canalização concluídos e uma possível ampliação de 240 metros, uma "enchente" destruiu parte das placas do gramado e escavou pedaços das margens. Após o ocorrido, segundo o Jornal de São João Del Rey (1987b), o diretor da empresa Irmãos Vianini informou que, se não fossem escavados 20 mil metros cúbicos de areia sob a grama que recobria as margens do Córrego do Lenheiro, em cinco anos, os sedimentos estariam encostando nas pontes.

Essa informação ressalta a capacidade do Córrego do Lenheiro em escavar e depositar sedimentos. O gradiente altimétrico do canal é alto, a variação entre nascente (1.136 m) e foz (885 m) é de 251 m em 8,4 km de extensão. A partir disso, infere-se que as alterações na paisagem fluvial, somadas ao crescimento urbano comum à maioria das cidades brasileiras na década de 1980, aceleraram os processos erosivos e, consequentemente, o assoreamento do canal. Nesse período, o fim da canalização era nas imediações da Estação Ferroviária (fot. 29), onde a calha concretada cessava e o córrego retomava ao leito natural (fot. 30).

Fot. 29 - Córrego do Lenheiro nas imediações da Estação Ferroviária – Década de 1980 (Fotografia de A Antiga São João del-Rei, 2017).



Fot. 30 - Final do trecho canalizado do Córrego do Lenheiro (Fotografia adaptada de Tribuna Sanjoanense, 1995, p. 1).

No início da década de 1990, as obras de canalização se estenderam para a montante, próximo à Ponte da Biquinha e à confluência com o Ribeirão Rio Acima. Segundo o Tribuna Sanjoanense (1991), a obra foi efetuada da Rua Rossini Bacarini (Ponto B – fig. 42) em direção ao Minas Clube, aproximando-se da Rua São João (Ponto A – fig. 42), ambas no bairro Tejuco (fot. 31).

Fot. 31 - Canalização do Córrego do Lenheiro no bairro Tejuco, Rua Rossini Bacarini, 1990 (Fotografia de Tribuna Sanjoanense, 1991, p. 3).

Em 1995, o prefeito municipal anunciou que não aguardaria verbas federais e retomaria a canalização até a Praça Raul Soares com recursos municipais (Tribuna Sanjoanense, 1995). O trecho em questão possui cerca de 200 metros, indicado em vermelho na fig. 49.

Fig. 49 - Ampliação das obras de canalização do Córrego do Lenheiro, 1995 (Fonte: Ferreira *et a*l, 2023a, p. 11).

Segundo o jornal Tribuna Sanjoanense (1995), as obras ocorreram em ritmo acelerado e, em novembro de 1995, direcionava-se para a jusante, sentido à confluência com o Ribeirão Água Limpa, e a montante, sentido Águas Férreas. A fotografia 32 permite visualizar que, no período, a obra já havia sido efetuada em toda a margem das ruas Antônio Josino de Andrade e Aldo Zerlotine, localizadas a aproximadamente 1000 m da confluência.

Fot. 32 - Trecho canalizado do Córrego do Lenheiro entre ruas Antônio Josino de Andrade e Aldo Zerlotine, 1995/2021 (Fotografia adaptada de Tribuna Sanjoanense, 1995, p. 1).

Apesar do ritmo acelerado da obra, a canalização só atingiu o atual estado em 2001, quando foi concluído o trecho nas imediações do terminal rodoviário, contemplando, também, cerca de 32 m do Ribeirão Água Limpa a montante da confluência com o Lenheiro e 180 m a jusante. Em suma, a canalização do Córrego do Lenheiro levou 37 anos para chegar ao estado atual (fig. 50).

Dentre as modificações ocasionadas pela obra, a alteração do nível de base desses dois rios chama a atenção. Conforme já mencionado em diversas partes do texto, o Córrego do Lenheiro é um afluente do Ribeirão Água Limpa, ou seja, o primeiro deságua no segundo. Entretanto, após o aprofundamento do leito do Córrego do Lenheiro para a canalização e retirada de sedimentos acumulados, seu nível de base foi rebaixado e o curso invertido, fazendo com que, antropicamente, o Ribeirão Água Limpa desaguasse no Lenheiro (fot. 33).

Segundo Guerra (1993), qualquer variação no nível de base de um rio pode ocasionar a retomada no processo de erosão remontante e ao longo dos eixos de drenagem, além de alteração do equilíbrio dinâmico do canal (Bishop, 1995;

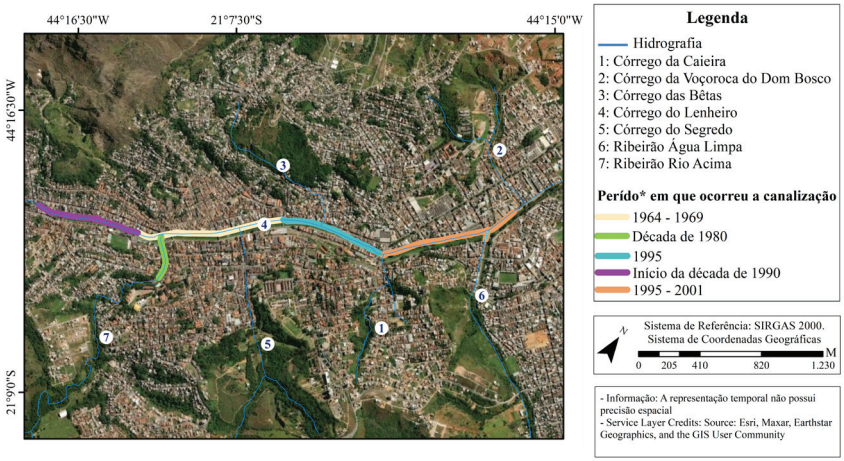


Fig. 50 - Síntese do histórico de canalização (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023a, p. 12).

Fot. 33 - Confluência do Córrego do Lenheiro com o Ribeirão Água Limpa, 2021 (Fotografia de Ferreira *et al.*, 2023a, p. 12).

Botelho, 2011). Nesse sentido, infere-se que a inversão desse nível de base agrava o efeito remanso na área da confluência, dado que o Ribeirão Água Limpa apresenta, visivelmente, maior volume de água e represa o Lenheiro (fot. 34).

Fot. 34 - Diferença volumétrica, energética e efeito remanso do Água Limpa sobre o Lenheiro (Fotografia do acervo de Paula Resende, 2021).

Outra explicação ao remanso é a canalização desembocar em um receptor de maior porte (Malheiros, 2018), como é o Água Limpa, os alargamentos da calha e as intervenções nas margens (Fornasari Filho *et al.*, 1992). Isso reduz sensivelmente a capacidade de veiculação de vazões no canal projetado (Malheiros, 2018).

Além do Córrego do Lenheiro, outros rios de São João del-Rei foram canalizados, retificados e/ou tamponados, tais como os córregos: Morro das Bêtas (ou Bêta do Barracão), Caieira, Segredo, Voçoroça do Dom Bosco, Dom Bosco e foz do Ribeirão Água Limpa.

O Córrego do Morro das Bêtas (fot. 35) drenava paralelamente ao Mercado Municipal e era tributário do Córrego do Lenheiro em sua margem esquerda. Atualmente, esse tributário se encontra canalizado sob a Travessa Lopes Bahia e, segundo o jornal Tribuna Sanjoanense (1999), tem sua água bombeada pelo Departamento Autônomo Municipal de Água e Esgoto (DAMAE) para abastecimento da Avenida 8 de Dezembro.

Fot. 35 - Córrego do Morro das Bêtas em 1930 e 2021
(Fotografia adaptada de A Antiga São João del-Rei, 2017).

O Córrego da Caieira, afluente da margem direita do Lenheiro, drena canalizado paralelamente à Rua Henrique Benfenatie (Ponto J – Fig. 42), passando por baixo de edificações (fot. 36). O mesmo ocorre com o Córrego da Voçoroca do Dom Bosco (fot. 37), que corta a Avenida Leite de Castro (fot. 38) sob edificações e, posteriormente, deságua no Ribeirão Água Limpa a jusante da confluência com o Córrego do Lenheiro.

Fot. 36 - Casa sobre o Córrego da Caieira (Fotografia de Ferreira *et al.*, 2023a, p. 14).

Fot. 37 - Córrego da Voçoroca do Dom Bosco (Fotografia de Ferreira *et al.*, 2023a, p. 14).

Fot. 38 - Córrego da Voçoroca do Dom Bosco canalizado sob a Avenida Leite de Castro (Fotografia do acervo de Paula Resende, 2021).

Há, também, indícios da existência de outro canal que, até 1940, integrava a paisagem do fundo do *campus* Dom Bosco (fot. 39). Entretanto, sobre esse, não há maiores registros e evidências claras sobre a canalização. Assim, infere-se duas possibilidades: (I) o canal pode ter secado devido à urbanização a montante; (II) a drenagem pode ter sido canalizada em direção à Rua Frei Cândido (Ponto K – fig. 42) e lançada no Ribeirão Água Limpa, a jusante da foz do Córrego do Lenheiro (fot. 40).

Fot. 39 - Córrego Dom Bosco (Fotografia daptada de A Antiga São João del-Rei, 2013, e São João del-Rei, 2021).

Fot. 40 - Possível desembocadura do Córrego do Dom Bosco (Fotografia do acervo de Fernanda Resende, 2022).

Quanto ao Córrego do Segredo, ele se encontra canalizado e tamponado sob a Rua Andrade Reis (fot. 41). Essa canalização se inicia a partir de uma barragem implementada no interior do 11º Batalhão de Infantaria (Ponto F – fig. 42) e

deságua na margem direita do Córrego do Lenheiro, próximo ao Teatro Municipal (Ponto G – fig. 42). Durante um evento chuvoso no ano de 2003, uma antiga ponte (fot. 42) existente sobre o canal e soterrada pela canalização e pelo aterro da área foi exposta por um abatimento de terra.

Fot. 41 - Córrego do Segredo (Fotografia de A Antiga São João del-Rei, 2013).

Fot. 42 - Ponte da Misericórdia (Fotografia de A Antiga São João del-Rei, 2015).

Já a modificação da foz do Ribeirão Água Limpa chama a atenção pela ausência de informações, registros e até mesmo conhecimento de parte da população. A identificação dessa intervenção (fig. 51) ocorreu por meio de observação de imagem aérea da década de 1950, disponibilizada no grupo A Antiga São João del-Rei, no Facebook. O acesso à imagem, somado ao uso das geotecnologias,

permitiu identificar e representar a modificação ocorrida na paisagem natural da foz do Ribeirão Água Limpa.

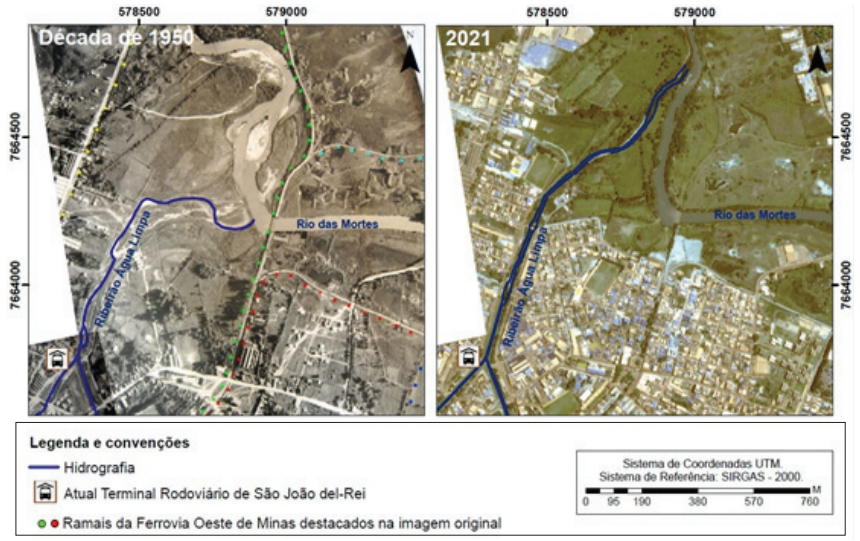


Fig. 51 - Mapa de modificação da paisagem fluvial da foz do Ribeirão Água Limpa (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023a, p. 17).

Nota-se que, próximo à foz, o ribeirão fazia uma inflexão à direita e desaguava no Rio das Mortes (fig. 51 e 52). Com a retificação, o ponto de deságue foi deslocado aproximadamente 578 metros para a jusante.

Nos jornais locais e nos materiais históricos, não foram encontrados registros específicos dessa obra de retificação. No entanto, segundo informações extraoficiais de moradores locais e profissionais de engenharia que acompanharam o processo, a obra ocorreu no início da década de 1960 e foi executada pelo DNOS para acelerar a vazão e reduzir as inundações e o remanso nessa seção. Ainda, conforme os relatos, a obra foi efetuada por uma *Dragline*, escavadeira que, por meio de cabos e caçambas, executa movimentos de escavação.

Acredita-se que essa obra tenha sido implementada já como parte do projeto de canalização e retificação do Córrego do Lenheiro. Isso porque a canalização provocaria aumento da velocidade de vazão e, com isso, concentração do fluxo e transbordamento nessa área em que existia a inflexão. Assim, tratava-se de uma área de estrangulamento.

Fig. 52 - Planta da Várzea do Marçal, 1893 (Fonte: A Antiga São João del-Rei, 2020).

Um indício que reforça a inferência é um mapeamento topográfico do Córrego do Lenheiro e sua planície no ano de 1959. O trabalho foi efetuado pelo DNOS, digitalizado, a partir de solicitação desta pesquisa, e disponibilizado no Sistema de Informações do Arquivo Nacional (SIAN) com o título: "Córrego do Lenheiros, afluente do córrego Água Limpa" (DNOS, 1959), o que reforça a inversão de nível de base mencionada anteriormente. Atualmente, o vale colmatado e os diques marginais do antigo leito do Água Limpa ainda podem ser identificados em campo (fot. 43).

Além de todas essas alterações mencionadas, infere-se, ainda, que durante o século XIX existiu um desvio das águas do Ribeirão Água Limpa e do Rio das Mortes, conforme indicado pelas setas vermelhas na figura abaixo (fig. 53). Na representação, a área é denominada "*Old Gold Workings*" ("antigos trabalhos de ouro") e pode ter relação com o ouro de aluvião extraído em São João del-Rei. Assim, acredita-se que o desvio representado se tratava de um canal para lavagem ou retenção do ouro, ou, ainda, abastecimento de mundéus.

A partir desses levantamentos e discussões, compreende-se que, no decorrer do tempo, ocorreram significativas alterações na paisagem fluvial natural de São João

Fot. 43 - Vale colmatado do Ribeirão Água Limpa (Fotografia de Ferreira *et al.*, 2023a, p. 18).

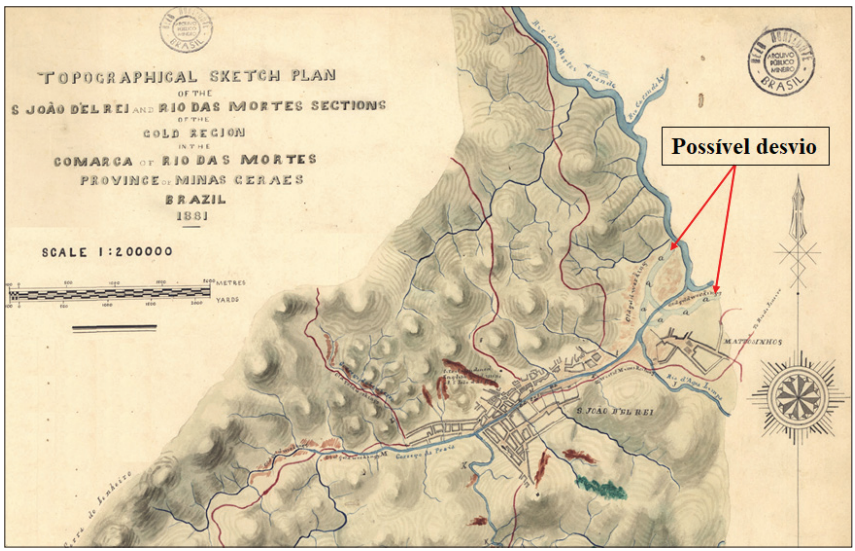


Fig. 53 - Possível desvio do Ribeirão Água Limpa e Rio das Mortes (Fonte: Adaptada de Esboço, 1881).

del-Rei. Criou-se, assim, um cenário fluvial secundário ou antrópico, o qual não é passível de relação de pertencimento, dado que se tornou componente tamponado e invisível. Entretanto, a invisibilidade desses rios pré-existentes se converteu em problema diante de altos volumes pluviométricos, causando inundações e alagamentos em diversos pontos da cidade.

Acredita-se que esses processos podem ser motivados, no caso de São João del-Rei, pela própria falta de manutenção e conhecimento das estruturas que abrigam os canais artificializados. Essas estruturas podem estar assoreadas, obstruídas e subdimensionadas, causando retenção, extravasamento, refluxo e até abatimentos. Por fim, é preciso maior atenção, identificação e ação do Poder Público municipal no que se refere à paisagem fluvial urbana (natural e antrópica) de São João del-Rei, partindo, primeiramente, do mapeamento hidráulico desses sistemas.

4.2 Considerações gerais

O resgate e a análise das modificações antrópicas na paisagem fluvial de São João del-Rei contribuem para a valorização da história local pelo viés geográfico. Os levantamentos apresentados sobre o conflituoso processo de canalização do Córrego do Lenheiro, bem como as demais modificações na paisagem local, reforçam a discussão de que o ser humano é um importante agente geomorfológico.

Os resultados e as discussões desempenhadas indicam que a relação histórica da cidade de São João del-Rei com os rios urbanos passou de condição de existência e crescimento à consequência de ocupação indevida e intervenção. Assim, os corpos hídricos locais converteram-se em obstáculos de crescimento e higienismo urbano. Com isso, perdeu-se a relação, o pertencimento e o próprio conhecimento dos fatos históricos que foram marcos de modificação da dinâmica e da paisagem natural em que o tecido urbano se formou.

A ausência de documentações, registros técnicos e mesmo pesquisas sobre o tema corroboram a afirmativa e geram inquietações. Uma delas é: se o Poder Público municipal, considerando também o Departamento de Água e Esgoto, não possui o mapeamento das drenagens canalizadas, como são feitas as manutenções?

A falta delas intensifica os recorrentes alagamentos que ocorrem na cidade? Por isso, o delineamento histórico do processo de canalização e modificações na dinâmica natural dos corpos hídricos faz a emersão de componentes e fatos que não podem ficar à margem da história local.

O conhecimento desses fatos, além de retratar o complexo descompasso das obras públicas, torna-se um componente analítico e sistêmico dos recorrentes processos de inundação em São João del-Rei, bem como base para requalificação, planejamento, zoneamento urbano funcional e manutenção dos canais/leitos artificiais implementados. Diante disso, o capítulo subsequente busca investigar e analisar como a temática de riscos e essas porções mais instáveis da paisagem são abordadas nos planos e políticas públicas municipais.

CAPÍTULO 5

A QUESTÃO DA SUSCETIBILIDADE E RISCO DE INUNDAÇÕES E MOVIMENTOS EM MASSA NOS INSTRUMENTOS POLÍTICOS DE PLANEJAMENTO URBANO DE SÃO JOÃO DEL-REI: UMA ANÁLISE CRÍTICA[11]

[11] Este capítulo deve ser referenciado conforme Ferreira et al. (2023b).

Os estudos e discussões sobre o planejamento urbano direcionado à prevenção de riscos e desastres têm sido crescentes nas últimas décadas, sobretudo, a partir da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988), do Estatuto da Cidade (Brasil, 2001) e, também, da frequência com que fenômenos naturais, como inundações e movimentos em massa, passaram a atingir as cidades. Apesar disso, são poucos os municípios preparados estrutural e tecnicamente para prevenir e agir diante dessas situações. Muitos deles nem associam ou inserem a temática "suscetibilidade" aos planos e políticas de planejamento, favorecendo a ampliação das áreas de risco.

Diante da importância desses instrumentos de planejamento e da baixa adesão por parte dos municípios, este capítulo apresenta uma investigação e uma análise da presença, ou não, desse tema nos planos e políticas de planejamento urbano de São João del-Rei/MG. Essa escolha é justificada pelo histórico de ocorrência de movimentos em massa e, sobretudo, de inundações nessa área. Além disso, há lacuna de estudos locais que relacionem esses processos e os planos e políticas de planejamento. Para isso, procurou-se investigar, discutir e avaliar como as temáticas sobre suscetibilidade, perigo, risco, impermeabilização do solo urbano e prevenção a desastres são empregadas nos planos e políticas municipais de planejamento.

Com isso, a abordagem metodológica empregada neste capítulo é do tipo descritiva exploratória, pois estabelece relações entre fatos, variáveis, levantamentos bibliográficos, documentais e estudo de caso (Gil, 2008). Trata-se de um estudo empírico elaborado a partir do levantamento de dados reais, que, contextualizados, fornecem conhecimentos profundos sobre o meio estudado (Yin, 2001, 2009). Nesse sentido, o levantamento envolve a ótica crítica geoespacial, baseado em geoinformação, para interpretar e representar o modelo de ordenamento territorial adotado pelos planos urbanísticos e preventivos de São João del-Rei.

Desse modo, o trabalho foi elaborado a partir de informações contidas, principalmente, no Plano Diretor municipal e no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, que são instrumentos fundamentais para as políticas públicas de ordenamento territorial e a prevenção a desastres. Para as representações espaciais, foram utilizadas as técnicas de geoprocessamento para a sobreposição de informações que compõem a análise. O fluxograma da Fig. 54 ilustra e sintetiza o processo.

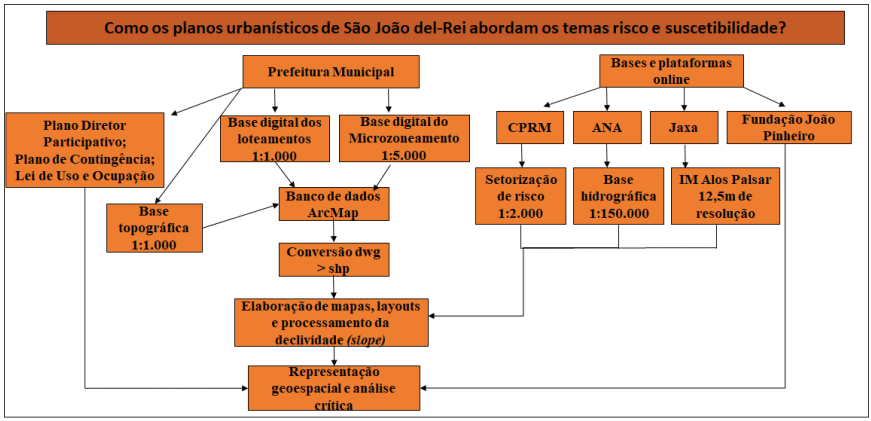


Fig. 54 - Fluxograma: síntese metodológica empregada (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023b).

5.1 Os instrumentos políticos de planejamento urbano de São João del-Rei e a temática risco

O planejamento territorial é considerado um dos instrumentos fundamentais para a redução dos riscos a partir da diminuição das fragilidades socioeconômicas, das suscetibilidades e da exposição da população (Canil; Lampis; Santos, 2020). No Brasil, o tema adquiriu maior visibilidade durante o processo de redemocratização, quando as discussões sobre "reforma urbana" perdidas em 1964 foram retomadas (Cymbalista, 2016).

Considera-se, então, que o marco legal da institucionalização da temática como política pública foi a Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988). Esta, dentre outras prerrogativas, atribuiu aos municípios a competência de promover o planejamento urbano por meio do ordenamento territorial, controle do uso, parcelamento e ocupação do solo urbano (Brasil, 1988), considerando as fragilidades e as potencialidades de seus territórios (Coutinho *et al.*, 2015).

Para isso, o Plano Diretor se torna um instrumento básico, sendo o principal plano urbanístico de planejamento e implantação de políticas de desenvolvimento social, econômico e ambiental, integradas à função social do solo urbano. No entanto, o art. 183 da Constituição Federal de 1988 (Brasil, 1988) estabeleceu a obrigatoriedade apenas para os municípios com mais de 20 mil habitantes, o que

foi modificado posteriormente, no ano de 2001, quando foi promulgado o Estatuto da Cidade (Brasil, 2001).

As diretrizes estabelecidas por esse instrumento jurídico ressignificaram o plano diretor, transformando-o em uma "peça-chave" da política urbana. A elaboração dele passou a contar com a participação da sociedade civil na construção da política urbana (Cymbalista, 2016), tendo também a obrigatoriedade ampliada, entre outros, às cidades com mais de 20 mil habitantes e municípios incluídos no Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos, conforme inserido pela Lei n. 12.608, de 2012 (Brasil, 2012b).

Passados dez anos da Lei n. 12.608 (Brasil, 2012b) e vinte da promulgação do Estatuto das Cidades (Brasil, 2001), a regulamentação, ou cadastro, que define esses municípios como áreas suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos em massa, ainda não foi publicada (Canil; Moretti, 2020). O que se tem é apenas uma lista dos 821 municípios prioritários para a gestão de riscos.

Essa condição e esse fato enfraquecem a efetiva incorporação das exigências da lei nos sistemas de planejamento municipal (Canil; Moretti, 2020), reverberando em um problema ainda maior diante do aumento do número de desastres ocasionados pelos referidos processos de inundação e movimentos em massa. Somente entre os anos de 2008 e 2013, 2.276 cidades foram atingidas por desastres ocasionados por inundações, enxurradas e/ou movimentos em massa (Desastres..., 2014). Recentemente, entre dezembro de 2021 e fevereiro de 2022, 549 cidades brasileiras decretaram situação de emergência, após terem sido afetadas pelas chuvas do período, deixando 133 mil pessoas desabrigadas ou desalojadas. O estado de Minas Gerais foi o mais afetado, com 341 municípios em situação de emergência e 606 sob alerta de chuvas intensas (Coordenadoria Estadual De Defesa Civil, 2022; Prates, 2022).

Apesar do aumento da frequência e da intensidade desses eventos desastrosos, sobretudo em ambientes urbanos, 40,6% das prefeituras brasileiras não têm nenhum instrumento de prevenção e minimização do risco; 76,5% não têm plano diretor que contemple a temática; 76,9% e 88,5% não têm Lei de Uso e Ocupação do Solo que vise ou discorra sobre a redução das inundações e

movimentos em massa, respectivamente (Loschi, 2018). Além desses, o Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, o Plano Diretor de Drenagem Urbana e o Plano Municipal de Saneamento Básico possuem relação intrínseca com o planejamento urbano e a prevenção e a mitigação de desastres, principalmente os ocasionados pelas águas urbanas.

No caso de São João del-Rei, o Plano Diretor municipal foi estabelecido pela Lei n. 4.068, de 13 de novembro de 2006 (São João del-Rei, 2006), e determina diretrizes gerais para o ordenamento territorial. O documento é dividido em oito seções principais com subdivisões, de modo a contemplar os tópicos: desenvolvimento social, econômico e institucional; patrimônio ambiental e cultural; implementação, instrumentos jurídicos e disposições gerais.

Atualmente, esse plano se encontra desatualizado quanto à obrigatoriedade legal de revisão a cada dez anos, o que torna essa discussão uma importante análise para futuras atualizações. Além disso, observa-se que, por ser publicado anteriormente à lei que institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Brasil, 2012b), o plano não integra o planejamento à prevenção e mitigação de desastres.

Apesar disso, São João del-Rei, historicamente, sofre com processos de inundações e deslizamentos, sobretudo o induzido. Ambos os processos têm relação inerente à geomorfologia local – fundo de vale e encostas –, e, portanto, deveriam ser considerados nos instrumentos de planejamento urbano, principalmente no Plano Diretor. Neste, ao longo de suas 41 páginas, não são feitas menções aos processos (ou fenômenos) e termos como: inundação, alagamento, deslizamento ou outros tipos de movimento em massa; desastre, perigo e suscetibilidade.

Já os termos "mapeamento" e "áreas de risco" constam no art. 78, inciso V e VII, Meio Ambiente (São João del-Rei, 2006). Esse artigo considera que, para elaboração de políticas, planos e projetos, torna-se indispensável o cadastro e o mapeamento das áreas de risco, bem como estudos que definam indicadores para o planejamento e a recuperação dessas áreas e a prevenção ao risco.

O prazo estabelecido para o cumprimento dessa proposta era de até seis meses após a publicação da Lei n. 4.068/2006 (São João del-Rei, 2006). Porém, o mapeamento e cadastro só foram efetuados no ano de 2013, após a ocorrência de inundações severas e movimentos em massa (do tipo deslizamento) que motivaram

a elaboração do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e o mapeamento de áreas suscetíveis pelo Serviço Geológico Nacional.

Posteriormente, ainda no Plano Diretor, o termo "risco" é mencionado no § 1º do art. 80 (São João del-Rei, 2006). Este determina que os "[…] *terrenos situados em áreas de risco, às margens de rios e córregos, em áreas com processo adiantado de erosão ou que apresentem declividades superiores a 30% em mais de 90% de sua superfície*" (São João del-Rei, 2006, p. 34) não cumprem a função social de propriedade urbana. No entanto, quando analisado o Modelo Numérico de Terreno de escala regional (1:150.000, com pixel 12,5 m), observa-se que 8,54% do perímetro urbano considerado pelo zoneamento possui declividades acima de 30%.

A partir de uma análise mais detalhada (1:1.000), somente da área da cidade propriamente dita e consolidada, identificou-se que 11,54% desta se encontra em superfícies com inclinação acima de 30%. Outros 25,48% da cidade (e 4,98% do perímetro urbano do zoneamento) estão em áreas com declividades entre 0% e 3%, que correspondem, majoritariamente, às planícies de inundação. Assim, aproximadamente 37% da cidade de São João del-Rei se encontra em seções do relevo que são suscetíveis à ocorrência de processos que podem resultar em desastres, como inundações e movimentos em massa. Considerando tais características, a Lei Municipal de Uso e Ocupação do Solo deveria ser cartilha básica do planejamento urbano de São João del-Rei. No entanto, só foi regulamentada no ano de 2008 pela Lei n. 4.178, de 4 de março de 2008 (São João del-Rei, 2008), dois anos após o prazo estabelecido pelo Plano Diretor e com o título de Lei de Parcelamento do Solo.

Esta lei não faz menção ao uso da terra, às características do relevo e à ocupação. Os tópicos preconizam a geometria dos lotes urbanos, determinam a área mínima (250 m²) e testada (7,5 m) (São João del-Rei, 2008). Todavia, não faz menção ao coeficiente de aproveitamento desses lotes, ou seja, não define o percentual aceitável de impermeabilização da área, o que é algo de importância substancial na redução do escoamento superficial e das curvas de vazão. Outro "lapso" legal dessa lei municipal é a não referência às características estruturais das vias urbanas, como declividade, dimensões e impermeabilização. Quanto a isso, a Lei n. 4.178 (São João del-Rei, 2008) menciona que tais características devem ser pautadas na Lei do Sistema Viário do Município. No entanto, esta não existe, não tem o número mencionado e nunca foi sancionada.

Essa deficiência representa um grande problema para a cidade de São João del-Rei, pois há um descontrole da impermeabilização do solo, o que contribui para aumento do escoamento superficial durante as chuvas. A partir disso, nota-se que a Lei de Parcelamento do Solo (São João del-Rei, 2008) não cumpre as diretrizes de ordenamento territorial, previstas nos arts. 44 e 69 do Plano Diretor municipal (São João del-Rei, 2006), que apontam a necessidade de mecanismos de redução da impermeabilização do solo e a determinação de percentuais mínimos de permeabilidade para os lotes urbanos. Associado a essa questão, deveria estar, também, o Código de Obras Municipal, Lei n. 2.651/1990 (São João del-Rei, 1990), mas este apenas faz referência ao coeficiente de aproveitamento para conceituá-lo. Conforme Campos e Vasconcelos (2018), o código somente discorre sobre requisitos necessários para o licenciamento de construções, recuos e ocupação, mas não estabelece parâmetros relacionados à impermeabilização.

Além dessas leis apresentadas, outra implementação passível de discussão e análise é o macrozoneamento municipal e o microzoneamento urbano apresentados pelo Plano Diretor. O primeiro estabelece quatro macrozonas, sendo: Zona de Adequação Ambiental (ZAA), Zona de Controle Ambiental (ZCA), Zona de Proteção Ambiental (ZPA) e Zona de Reabilitação Ambiental (ZRA), conforme a fig. 55.

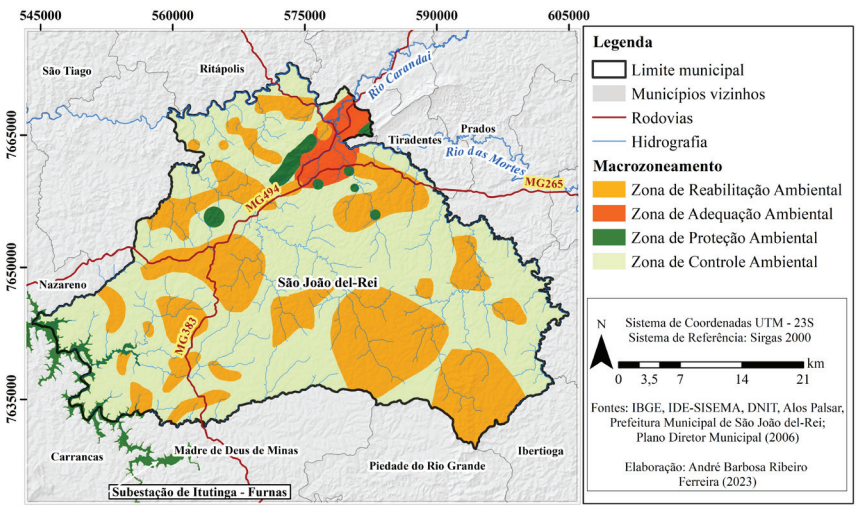


Fig. 55 - Macrozoneamento municipal de São João del-Rei (Fonte: Dados extraídos do Plano Diretor de São João del-Rei (SÃO JOÃO DEL-REI, 2006, p. 20-21).

Nesse macrozoneamento, a área urbana é generalizada como ZAA e subdividida em cinco zonas, estabelecendo, assim, o microzoneamento urbano, composto por: Zona de Proteção Cultural (ZPC), Zona de Proteção Paisagística (ZPP), Zona de Proteção Ambiental (ZPA), Zona de Reabilitação Ambiental (ZRA), Zona de Controle Urbanístico (ZCU), Zona de Reabilitação Urbana (ZRU) e Zona de Urbanização Futura (ZUF). Ou seja, em nenhuma das diferentes escalas de zoneamento, houve inserção ou menção às zonas de suscetibilidade, risco ou perigo, nem mesmo nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) de rios. Além disso, é importante ressaltar que as zonas que poderiam contribuir para minimizar a ocorrência das enchentes e inundações, como as ZPAs e ZPPs, que vêm sendo ocupadas sem o devido rigor (fig. 56).

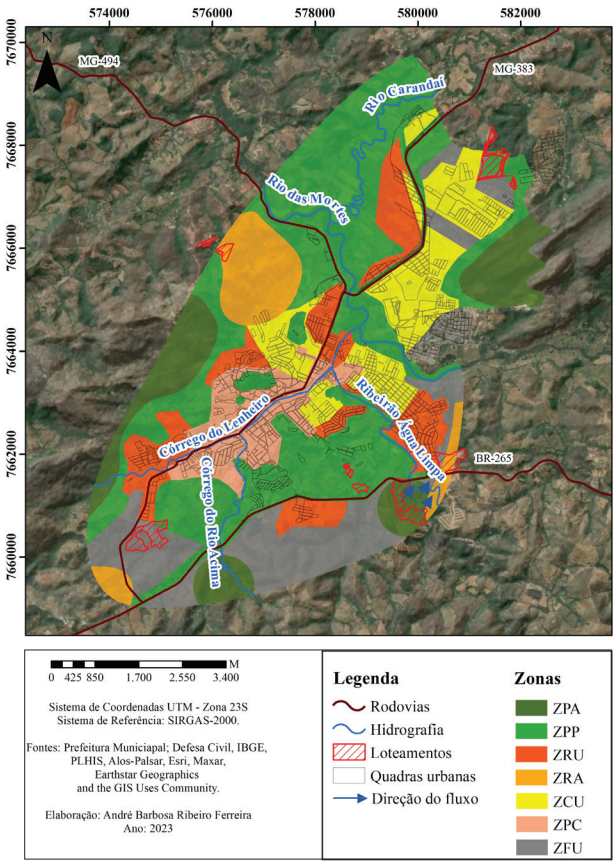


Fig. 56 - Microzoneamento de São João del-Rei e localização dos loteamentos (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023b).

Essas duas zonas, ZPA e ZPP, deveriam ser destinadas à preservação dos recursos naturais, à paisagem e à manutenção da qualidade ambiental. Segundo o Plano Diretor, a utilização da ZPA é restrita às atividades que não geram grandes impactos, ao uso sustentável e adensamento rarefeito. Já a ZPP possui uso e ocupação restritos (São João del-Rei, 2006). Desse modo, ambas as zonas corresponderiam, majoritariamente, a áreas verdes urbanas, as quais possuem considerável importância devido ao conforto térmico que proporcionam, à beleza estética, aos benefícios psicológicos e à vitalidade urbana (Dacanal; Labaki; Silva, 2010). Além disso, permitem reduzir o escoamento superficial para 20%, quando comparadas às áreas impermeáveis, onde o coeficiente de escoamento chega a 85% (Santos, A., 2012) e amplia as enchentes e inundações.

Entretanto, a ZPA estabelecida ao lado da BR-265 é composta majoritariamente por pastagem e teve 29,9% de sua área alterada para a implementação do loteamento Novo Horizonte. O empreendimento foi aprovado por meio do Decreto n. 6.323/2015 (São João del-Rei, 2015c), possui 0,25 km², mais de 500 lotes e pavimentação asfáltica. Por estar localizado em uma vertente que drena diretamente para o Ribeirão Água Limpa, acredita-se que a implementação poderá ocasionar aumento dos picos de vazão nesse canal que já possui histórico de transbordamentos a jusante.

Situação semelhante foi identificada em uma pequena parcela da ZPP no bairro Colônia do Marçal (ao norte da cidade), que também, a jusante, sofre com recorrentes problemas relacionados às águas urbanas, como alagamentos, enxurradas e inundações. Nesse local, por meio do Decreto n. 6.705/2016 (São João del-Rei, 2016), foi aprovado e implementado o loteamento Campana del-Vento, que ultrapassou o limite da ZFU e suprimiu parte da ZPP (fot. 44).

Conforme justificativa extraoficial da Comissão de Loteamentos de São João del-Rei, ambas as aprovações passaram pelo Conselho Municipal de Defesa e Desenvolvimento do Meio Ambiente (CODEMA), pela Procuradoria-Geral do Município e demais órgãos de planejamento. Estes consideraram que a floresta de eucaliptos suprimida na ZPP pelo loteamento Campana del-Vento e a área de pastagem da ZPA, convertida no loteamento Novo Horizonte, não possuíam compatibilidade com o intuito ambiental dessas zonas. Apesar da justificativa considerável, tais aprovações ferem as diretrizes do zoneamento, dado que este não sofreu alteração ou reformulação legal que permitisse a ocupação dessas áreas.

Fot. 44 - Conversão de ZPP em loteamento urbano (Campana del-Vento).
(Fotografia de São João del-Rei..., 2022).

Outra questão a ser ressaltada é que, no zoneamento, as ZFUs são estabelecidas nas seguintes áreas:

1) Limites da bacia hidrográfica do Ribeirão Água Limpa: a montante de áreas consolidadas, delimitadas como áreas de risco e que já sofrem com inundações em eventos chuvosos extremos. A ocupação e a impermeabilização dessa área podem ampliar o escoamento superficial e, consequentemente, os picos de vazão a jusante.
2) Várzea do Marçal: área aplainada, com declividades inferiores a 3% e com recorrentes problemas de alagamento e enxurrada, devido à ausência de um sistema de drenagem eficiente e impermeabilização a montante.
3) Reverso da encosta do bairro Bom Pastor: área localizada a leste da cidade e que se estende da planície fluvial do Rio das Mortes até a zona de interflúvio da referida encosta. O local apresenta declividades de 0% e 8% entre a planície pluvial e o sopé da encosta; a partir dessa seção, as declividades variam entre 20% e 45%, estando inseridas na delimitação de áreas de risco de movimento em massa no Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil.

Observa-se, também, que o zoneamento urbano de São João del-Rei não estabelece zonas direcionadas à habitação de baixa renda, como as Zonas Especiais

de Interesse Social (ZEIS). De acordo com a Lei n. 11.977 (Brasil, 2009, s.p.), essas delimitações correspondem a:

> "[...] *parcela de área urbana instituída pelo Plano Diretor ou definida por outra lei municipal, destinada predominantemente à moradia de população de baixa renda e sujeita a regras específicas de parcelamento, uso e ocupação do solo*".

Segundo Silva (2018), o Plano Diretor municipal de São João del-Rei e o zoneamento nele estabelecido "não saíram do papel" e nem na teoria reservaram áreas para a produção de Habitação de Interesse Social (HIS). A implementação dessas áreas pode possibilitar a redução do número de famílias em áreas de risco, pois favoreceria o acesso à terra urbana e a relocação/direcionamento de grupos populacionais vulneráveis. A necessidade de delimitação dessas áreas, na cidade de São João del-Rei, é apontada desde a década de 1980, quando o relatório da Fundação João Pinheiro (1984, p. 140, grifo nosso) para o direcionamento da expansão urbana destacou que:

> "*A aprovação de loteamentos, que nas administrações passadas foi feita de forma indiscriminada e sem nenhum critério, está sendo feita dentro das normas previstas por essa lei, que, no entanto, não se aprofunda nas competências delegadas ao município pela lei maior, a federal, quanto à definição de áreas de interesse social para populações de baixa renda, com parcelamentos especiais e padrões de urbanização e de construção também especiais*".

Com o objetivo de sanar a carência da temática de HIS do Plano Diretor, no ano de 2010, o Poder Público municipal elaborou o Plano Local de Habitação de Interesse Social (PLHIS). Entretanto, também não estabeleceu, a partir dele, as ZEIS. O PLHIS apenas delimitou locais em que há predomínio de população de baixa renda e baixo padrão construtivo, separando-os em Assentamentos Precários (AP) consolidáveis (APC) e não consolidáveis (APNC), sendo: os primeiros

passíveis de recuperação e estruturação urbanística; os segundos não são passíveis e estão sujeitos à remoção, por serem de ocupação irregular e suscetíveis a processos naturais que oferecem perigo à população local (São João del-Rei, 2010).

Apesar da tentativa, a delimitação e a classificação dessas áreas se mostram carentes de estudos de viabilidade, sobretudo relacionados à topografia e à suscetibilidade. Assim, observa-se que parcelas de ambas as áreas (APC e APNC) estão localizadas em seções delimitadas como áreas de risco pela Defesa Civil de São João del-Rei (2015) (fig. 57).

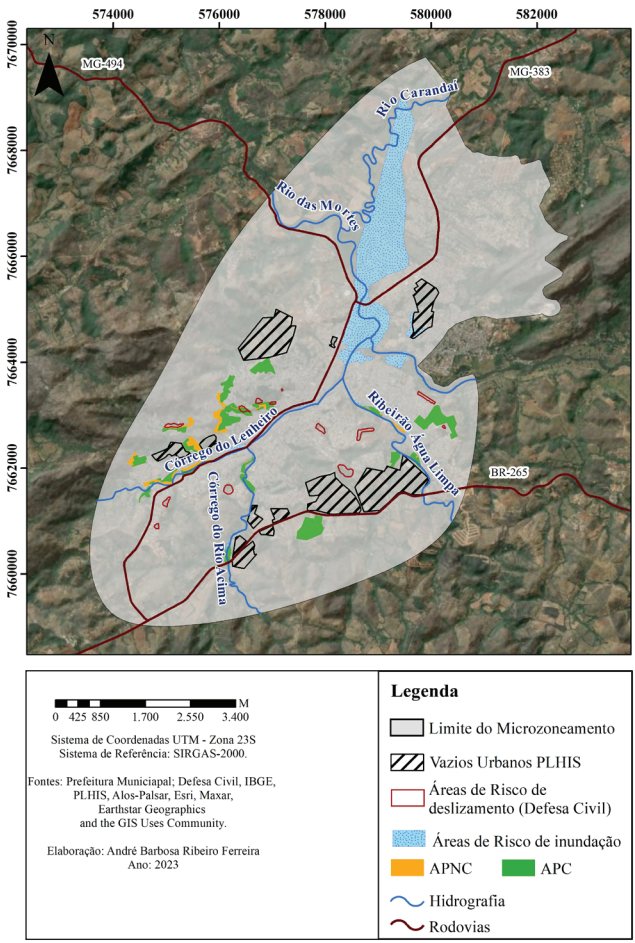


Fig. 57 - Áreas de risco, vazios urbanos, APNC e APC de São João del-Rei (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023b, adaptada de Gregatti, 2019).

O mesmo planejamento deficiente também pode ser observado na delimitação de vazios urbanos passíveis de ocupação delimitados pelo PLHIS. Dos 2,82 km² de vazios urbanos apresentados no relatório, 53% foram estabelecidos em Zonas de Proteção Paisagística (ZPP). Apenas 2,8% do total de vazios foi inserido em Zonas de Futura Urbanização (ZFU) (fig. 58).

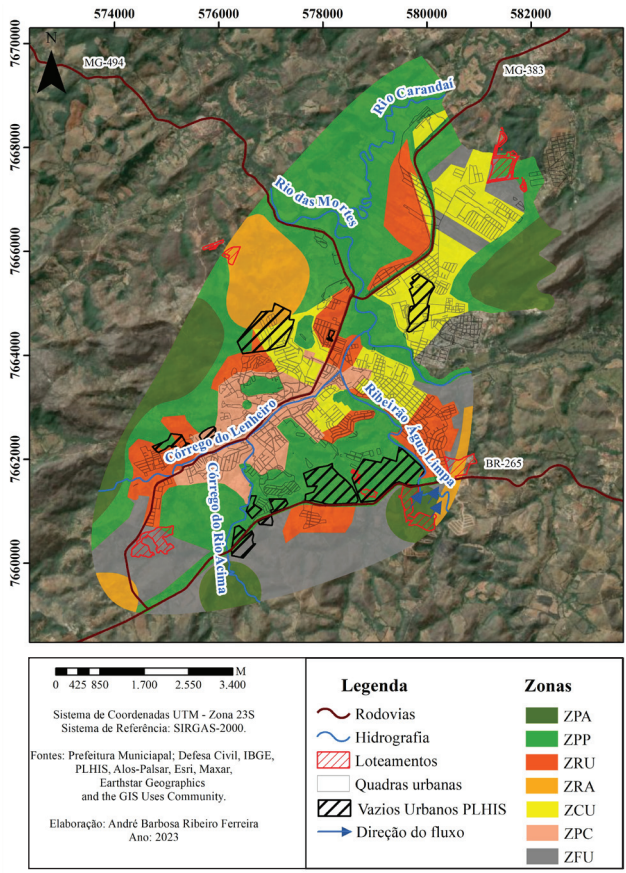


Fig. 58 - Disposição dos Vazios Urbanos de São João del-Rei (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023b).

Além disso, observa-se que 46,80% desses Vazios Urbanos passíveis de ocupação foram delimitados a montante do baixo curso do Córrego Água Limpa e seu tributário (Córrego do Cala-Boca). O local sofre com problemas históricos de inundação que podem ser intensificados com a ocupação desordenada do médio e alto curso da bacia.

Outra parcela dessas delimitações encontra-se na ZFU do lado oposto à BR-265, integrando a rodovia ao limite urbano. A expansão urbana no sentido dessa rodovia foi ressaltada pela Fundação João Pinheiro (1984) como inapta, dado que poderia configurar em um problema de segurança social e mobilidade urbana. Além dessas, o vazio urbano denominado VU-07 pelo PLHIS (a noroeste do microzoneamento) foi delimitado sobre e no entorno de três voçorocas (1, 2, 3), sendo duas ativas (fot. 45).

Fot. 45 - Voçorocas no entorno dos Vazios Urbanos (Fotografia adaptada de São João del-Rei..., 2022).

A partir dessa análise, nota-se que existe uma desarticulação entre todos esses instrumentos políticos de planejamento e prevenção ao risco. Acredita-se que, na maioria das vezes, a elaboração desses planos e projetos ocorre para cumprir protocolos exigidos por escalas governamentais superiores, sobretudo relacionados a repasse de verbas.

Nesse sentido, Oliveira, Pina e Torres (2018) mencionam que os municípios se preocupam em produzir (ou reproduzir) leis que vão tratar de diversas áreas da cidade, todavia, muitas não são aplicáveis ou mesmo até implementadas. Desse modo, acredita-se que não há um intuito, propriamente dito, do Poder Público municipal em planejar adequadamente e implementar os projetos de forma linear ou síncrona. Além disso, nas prefeituras, geralmente há carência de corpo técnico especializado, multidisciplinar e permanente para a elaboração e a continuidade dos projetos.

Por esse motivo, muitas propostas são elaboradas de forma descontínua e desarticulada, como, por exemplo, o Zoneamento Urbano, a Lei de Parcelamento do Solo e o PLHIS de São João del-Rei, os quais foram regulamentados antes de

um estudo de suscetibilidade e risco. Assim, ressalta-se a importância de os planos diretores municipais considerarem a existência do risco e os mapeamentos e instruções do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil (PCPDC).

A elaboração desse plano é de responsabilidade do município, podendo, também, ter apoio do estado. Nele, busca-se delimitar as áreas de risco e desenvolver e estabelecer ações de respostas aos desastres a partir das particularidades do cenário local, ou seja, das características socioambientais do município. Além disso, devem visar o monitoramento e sistemas de alerta, cadastro de voluntários, localização de abrigos e assistência para a população exposta (Ferentz; Garcia, 2020).

Segundo Margarida *et al.* (2013), esses planos são elaborados para responder às hipóteses específicas de desastres e devem integrar os planos diretores, pois correspondem a um planejamento tático elaborado a partir de uma possibilidade de desastre. Portanto, devem ser elaborados com antecedência, visando à otimização e à preparação de respostas.

No caso de São João del-Rei, o PCPDC foi elaborado no ano de 2013 (atualizado em 2015), após a ocorrência de inundações que causaram prejuízos sociais e econômicos que afetaram 2.363 pessoas e totalizaram prejuízo de R$ 2,78 milhões. O levantamento teve apoio do Serviço Geológico do Brasil e traz, no relatório, os preceitos de prevenção, mitigação, preparação e resposta, além de tabulações e ilustrações dos eventos desastrosos ocorridos entre 2001 e 2013. Nele, a metodologia empregada para estabelecer as de áreas de risco é baseada em trabalhos de campo, históricos, recorrência de inundações e observação de evidências, declividades, distância do canal e vulnerabilidade das edificações (São João del-Rei, 2015a). Segundo o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2007), trata-se de uma análise fundamentada na percepção, na experiência e na vivência do profissional nos trabalhos de mapeamento. Assim, são observados: declividade/inclinação; tipologia dos processos; posição da ocupação em relação à encosta; e qualidade da ocupação (vulnerabilidade).

Apesar da eficiência, viabilidade, baixo custo e complexidade de elaboração dessa análise, acredita-se que, especificamente no PCPDC de São João del-Rei, existe uma carência de análises mais técnicas sobre relevo, topografia, morfometria e paisagem. A ausência dessas informações técnicas e utilização apenas da percepção recai em

generalização, empirismo e fenomenologia. Conforme Ferentz e Garcia (2020), a elaboração deficiente, baseada na recorrência de desastres, histórico ou probabilidade de danos e prejuízos, desprovida de avaliação e aplicação de metodologias científicas, além da desatualização, são os grandes problemas dos PCPDCs.

Além do PCPDC, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) e Plano Municipal de Saneamento Básico também podem contribuir para a redução de desastres relacionados aos processos hidrológicos, posto que, muitas vezes, o risco não é determinado por condições naturais, mas sim pela precariedade do processo de urbanização (Canil; Moretti, 2020). Ambos os planos estão associados às águas urbanas, ao sistema de drenagem pluvial e, até mesmo, à saúde pública, devido à relação entre água e vetores de doenças.

O Plano Diretor de Drenagem Urbana cria mecanismos de gestão das águas por meio de zoneamentos e estruturas de macro e microdrenagem, melhorando as condições de saneamento e qualidade de vida da cidade (Mota, s.d.). Ele representa um pacote de medidas sustentáveis, preventivas, compensatórias, estruturais ou não, que visam minimizar os impactos negativos na drenagem urbana, como estrangulamentos, obstruções, refluxos e outros. Já o Plano Municipal de Saneamento Básico visa regulamentar um conjunto dos serviços de infraestrutura e instalações operacionais de limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, esgoto, abastecimento de água, drenagem e manejo de águas pluviais (Brasil, 2007c). Assim, pode reduzir, por exemplo: alagamentos, enchentes por sobrecarga de fluidos, inundações por refluxos e, também, movimentos em massa, como deslizamentos e subsidências ocasionados por vazamentos que aumentam o escoamento subsuperficial.

Em São João del-Rei, nenhum desses dois planos urbanísticos estão regulamentados ou implementados. O Plano Municipal de Saneamento Básico, estabelecido pela Lei n. 11.445 (Brasil, 2007c), encontra-se em processo de elaboração, visto que esta lei determina que, após 31 de dezembro de 2022, sua existência será condição indispensável para o acesso aos recursos e financiamentos orçamentários destinados a serviços de saneamento básico, sejam eles da União, de órgãos ou de entidades da Administração Pública federal (Brasil, 2020b).

A importância desses planos e discussões não compõe uma temática recente, tendo importância ressaltada há décadas. Em São João del-Rei, em 1984, o relatório

técnico ofertado pela Fundação João Pinheiro já apresentava preocupação com a drenagem urbana e propunha um projeto de saneamento básico para conter o refluxo das águas servidas, a redução dos alagamentos e transbordamentos dos rios urbanos. Destaca-se que esse estudo, apesar de elaborado há mais de duas décadas, é mais completo, robusto e dotado de representações espaciais do que o atual Plano Diretor (São João del-Rei, 2006). Nele, a deficiência do sistema de drenagem e saneamento já era exemplificada pelas "[…] *enxurradas que desciam a encosta e invadiam casas e terrenos, gerando lodaçais misturados ao esgoto a céu aberto*" (Fundação João Pinheiro, 1984, p. 179). Questões sociais relacionadas a esses processos também já eram apontadas, pois foi identificado que os problemas relacionados à drenagem pluvial insuficiente afetavam principalmente a população de baixa renda (Fundação João Pinheiro, 1984).

Outra constatação relevante desse levantamento é a ocupação das planícies fluviais, sobretudo no entorno do Ribeirão Água Limpa. De acordo com a Fundação João Pinheiro (1984), o entorno desse ribeirão possuía baixa densidade de edificações em suas margens, devendo, assim, ser objeto de fiscalização e planejamento por parte do Poder Público municipal para a manutenção desse estado, ou seja, era necessário impedir o espraiamento urbano nessa área. Infere-se que a mesma ideia era aplicada para a planície de inundação do Rio das Mortes, dado que o estudo propôs, para a área em questão, a criação de um parque urbano (fig. 59). Este, por vez, contribuiria para a preservação de áreas permeáveis e a contenção da expansão urbana sobre as planícies de inundação.

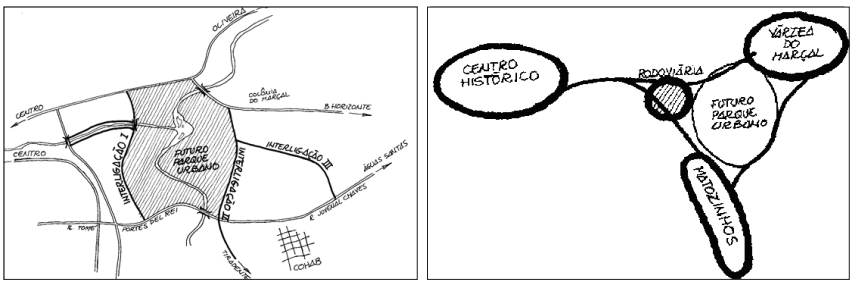


Fig. 59 - Croqui do parque urbano proposto pela Fundação João Pinheiro (Fonte: Fundação João Pinheiro, 1984, p. 68).

Desse modo, nota-se que, no período em questão, a existência das áreas verdes urbanas já era evidenciada como importante medida não estrutural de prevenção a desastres e melhoria da qualidade ambiental do meio urbano. No entanto, a proposta de criação do parque urbano nas planícies de inundação do Rio das Mortes e do Ribeirão Água Limpa nunca foi implementada.

Portanto, o que se vê em São João del-Rei são planos de discurso que, segundo Maricato (2000) e Villaça (2004), não encontram correspondência na prática e carregam o "analfabetismo urbanístico", a desinformação sobre a história da cidade e a alienação geográfica, o que prejudica a sustentabilidade da cidade. Assim, considera-se que a ausência de planejamento e prevenção ao risco na cidade de São João del-Rei resulta, sobretudo, do desinteresse e "(des)administração" municipal pretérita e atual.

Portanto, acredita-se que a proposta de reformulação do Plano Diretor municipal e da Lei de Uso e Ocupação, a atualização do Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil e a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana e Saneamento Básico são urgentes para o desenvolvimento sustentável do município em questão. Esses planos e políticas urbanísticas precisam ser reestruturados e elaborados por um conjunto de profissionais especializados nos diversos temas e áreas que compõem o "sistema cidade" e articulados entre si. As informações e mapeamentos efetuados precisam se justapor e especializar informações diversas, tornando-se, assim, uma ampla ferramenta de planejamento, fiscalização e redução dos riscos de desastres.

5.2 Considerações gerais

A partir de uma análise investigativa e descritiva, este estudo identificou uma série de incongruências e permissividades nos principais planos e políticas de planejamento urbano do município de São João del-Rei. Apesar da importância desses instrumentos e da recorrência de problemas relacionados a inundações, alagamentos, enxurradas e movimentos em massa do tipo deslizamento, os temas "suscetibilidade" e "risco" apresentam pouca ou nenhuma representatividade no Plano Diretor municipal e no microzoneamento.

O microzoneamento, além de não apresentar áreas suscetíveis, ou mesmo Áreas de Proteção Permanente nas margens dos rios e encostas, mostra-se permissivo ao permitir, via sobreposição legal, a implementação de loteamentos em Zonas de Proteção Paisagística. Do mesmo modo, a Lei de Parcelamento do Solo Urbano (SÃO JOÃO DEL-REI, 2008), também prevista no Plano Diretor, não apresenta diretrizes de ocupação que considerem as suscetibilidades do meio e reduzam os coeficientes do escoamento superficial, tais como o coeficiente de impermeabilização e o percentual de áreas verdes.

A necessidade de ampliação dessas áreas permeáveis foi apontada no relatório técnico de planejamento urbano de São João del-Rei, feito pela Fundação João Pinheiro, já na década de 1980. Além disso, nesse período, o mesmo trabalho apontou a importância do controle de ocupação no entorno dos rios e da impermeabilização do solo, o que não foi seguido.

Outra desarticulação identificada foi no Plano Local de Habitação de Interesse Social, publicado quatro anos após o Plano Diretor para suprir a deficiência das Zonas de Habitação de Interesse Social. Destaca-se, nesse sentido, que parte das áreas que esse plano determina como passíveis de ocupação e consolidação se encontram em seções do relevo classificadas, em 2013, pela Defesa Civil e pelo Plano de Contingência de Proteção e Defesa Civil, como "área de risco" de inundação ou movimentação em massa.

Obviamente, esse plano, quando comparado aos demais, foi o que apresentou maior relação com a prevenção de desastres e a minimização dos impactos causados por inundações, alagamentos e movimentos em massa. No entanto, carece de atualização e complementação com materiais cartográficos, modelagens e análises técnicas que representem as áreas naturalmente sujeitas à ocorrência do processo, assim como os diferentes graus de exposição dos sujeitos inseridos nesse espaço.

De modo geral, acredita-se que os materiais e análises apresentados podem contribuir para a reformulação do Plano Diretor e da Lei de Parcelamento do Solo e Zoneamento, dado que a desarticulação atual desses instrumentos pouco contribui para um planejamento direcionado à redução de riscos e prevenção de desastres. Portanto, para que esses planos e políticas sejam realmente funcionais, é importante que, na reformulação, reconheçam e considerem a dinâmica natural do sistema

em que a cidade está inserida. E, para isso, são necessários estudos que articulem informações que vão desde a geografia histórica até a geomorfologia, morfometria, uso e cobertura da terra, sociedade e outros, além dos mapas de suscetibilidade, perigo e risco.

Nesse sentido, o capítulo a seguir visa apresentar uma proposta metodológica para identificação de áreas morfometricamente suscetíveis a inundações e movimentações em massa, para assim, estabelecer os graus de perigo e risco a que a população está exposta.

CAPÍTULO 6

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO EM AMBIENTES URBANOS A PARTIR DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO RELEVO[12]

[12] Este capítulo deve ser referenciado como Ferreira et al. (2023c).

Nos centros urbanos, a expansão das cidades, somada à falta de planejamento e à ocupação de áreas suscetíveis, amplia a existência do perigo e, conforme o grau de vulnerabilidade da população, o risco. Assim, têm-se configurado desastres naturais que afetam bilhões de pessoas e ambientes, causando grandes perdas humanas e econômicas (Bao *et al.*, 2021; Emami *et al.*, 2020).

A maioria desses desastres naturais é causada por fenômenos como inundações e movimentos em massa do tipo deslizamento. Juntos, os desastres causados por esses fenômenos são os mais numerosos e afetam mais pessoas do que qualquer outro tipo de desastre natural (Adler *et al.*, 2007). Conforme o Banco de Dados Internacional de Desastres (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2022), os referidos eventos foram responsáveis por 20% do total de desastres naturais ocorridos no planeta entre os anos de 1900 e 2022. Nesse período, 2,5 bilhões de pessoas foram afetadas, 4,4 milhões de mortes foram registradas, e o prejuízo ultrapassou a quantia de 830 bilhões de dólares (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2022). Esses números se tornam ainda mais significativos se levarmos em conta que o EM-DAT considera como desastre apenas os eventos ou acidentes que ocasionam 10 ou mais mortes e que afetam 100 ou mais pessoas. Desse modo, os eventos que não atingem tais números não são contabilizados por esse sistema.

Apesar de as inundações e os deslizamentos serem fenômenos naturais e estarem relacionados ao volume e à intensidade de precipitações, topografia e tempo, as ações e ocupações antrópicas podem induzir e intensificar a ocorrência a partir de intervenções no relevo. Com isso, amplia-se o número de desastres, os quais, na maioria das vezes, atingem de forma mais aguda os países e regiões menos desenvolvidos (Adler *et al.*, 2007). Isso porque a infraestrutura, a capacidade de suporte e o enfrentamento da população são reflexos das condições econômicas e sociais inerentes. Assim, diante da exposição ao perigo, uma população mais vulnerável apresenta maior probabilidade de ser afetada por estar mais exposta e, portanto, apresentar maior risco.

Dessa forma, a prevenção de desastres se torna uma etapa fundamental do planejamento urbano e da gestão de risco. Essa prevenção implica, primeiramente, em saber onde os riscos podem ocorrer, ou se existe a probabilidade de serem produzidos (Defesa Civil de Santa Catarina, s.d.). Para isso, o conhecimento do

meio da sua dinâmica é etapa fundamental para, posteriormente, implementar medidas de redução do risco (Defesa Civil de Santa Catarina, s.d.; Jacobi; Sulaiman, 2018; Kobiyama *et al.*, 2006). Com isso, compreende-se que a etapa de análise espacial sobre uma base de dados cartográficos consistentes e em escala adequada é fase basilar da prevenção, pois fundamenta as tomadas de decisão.

A partir da evolução das geotecnologias, surge a possibilidade de sobrepor, relacionar e combinar as informações geoespaciais em ambiente computacional. Com isso, diversos modelos foram desenvolvidos para tentar representar o mundo real em outros domínios, por meio do universo matemático (Câmara; Medeiros, 2005). Esses modelos são utilizados nas mais diversas áreas da ciência e, no caso das geociências, tornam-se fundamentais para a análise ambiental, o planejamento territorial e a identificação e a representação de processos dinâmicos, tais como os de encosta e inundação. Entretanto, vale pontuar que modelos não são a representação de toda a realidade da paisagem, mas uma estrutura simplificada dela (Chorley, 1967; Christofoletti, 1999; Lopes, 2023).

A elaboração desses modelos e o levantamento dos dados que os compõem nem sempre possuem custo acessível aos municípios, uma vez que demandam uma série de levantamentos primários, como topográficos e topobatimétricos, análises de séries históricas de dados climáticos, hidrológicos e geotécnicos, além de análises dos meios físico, social e econômico, conduzidas por equipe multidisciplinar. Mesmo sendo de fundamental importância, tornam-se uma etapa do planejamento que fica aquém das necessidades essenciais e emergenciais para uma efetiva implementação.

Desse modo, o objetivo deste capítulo é contribuir com uma proposta metodológica que utiliza modelos de custo reduzido através de índices morfométricos. A metodologia parte da utilização do Modelo Numérico de Terreno (MNT) para a elaboração dos índices morfométricos de Concentração de Rugosidade, Hack, Densidade de Drenagem e Hipsometria, os quais foram combinados por meio da álgebra de mapas, conforme sua relação com os processos supracitados.

O processo resultou em dois modelos passíveis de utilização no planejamento urbano, sendo um de suscetibilidade à inundação e outro, a movimentos em massa. Ambos foram validados em campo e apresentaram pertinência com as características do meio físico e os registros de ocorrência de inundações e movimentações em

massa da cidade de São João del-Rei. A partir disso, em um segundo momento, o modelo de suscetibilidade à ocupação e às variáveis de caráter socioeconômico, cultural e estrutural do Censo Demográfico (IBGE, 2010) foram associados a fim de identificar os graus de perigo e risco, respectivamente.

6.1 Materiais

Os materiais utilizados para a composição do produto foram: base topográfica na escala de 1:1.000, imagem do satélite Ikonos (resolução espacial de 1 m) e informações censitárias do IBGE. As particularidades e os usos desses materiais serão descritos separadamente nas seções a seguir:

- **Base topográfica:** as curvas de nível de 1 em 1 metro foram extraídas do arquivo vetorial planimétrico da cidade de São João del-Rei. O material, de fonte secundária, foi elaborado em escala de 1:1.000[13] e disponibilizado em formato Autodesk's Design Web Format (DWF) com os topônimos: curvas de nível mestras, curvas intermediárias, vias pavimentadas e não pavimentadas, algumas edificações e rios perenes, intermitentes e canalizados (São João del-Rei, 2015b). Como a base não contempla a totalidade do limite urbano estabelecido pelo IBGE (2021), apenas 95% dele, a fig. 60 ilustra a área de estudo (limite da mancha urbana/cidade) referência para esse capítulo, bem como as porções não contempladas;
- **Imagem Ikonos:** a ausência de imagens de alta resolução por parte do Poder Público municipal fez com que se utilizasse como referência, para esta pesquisa, uma imagem Ikonos do ano de 2008, adquirida pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal de São João del-Rei. O satélite Ikonos, lançado em 1999, destaca-se por ser o primeiro satélite de alta resolução espacial (1 m de resolução espacial no modo pancromático e 4 m no multiespectral). Até 2007, era o satélite mais ágil da indústria, com a capacidade de gerar imagens de grandes seções da Terra a cada três dias (Apollo Mapping, s.d.; EMBRAPA, s.d.).

[13] Material público elaborado e validado em campo sob processo licitatório n. 103/2015 pela empresa Despro Engenharia.

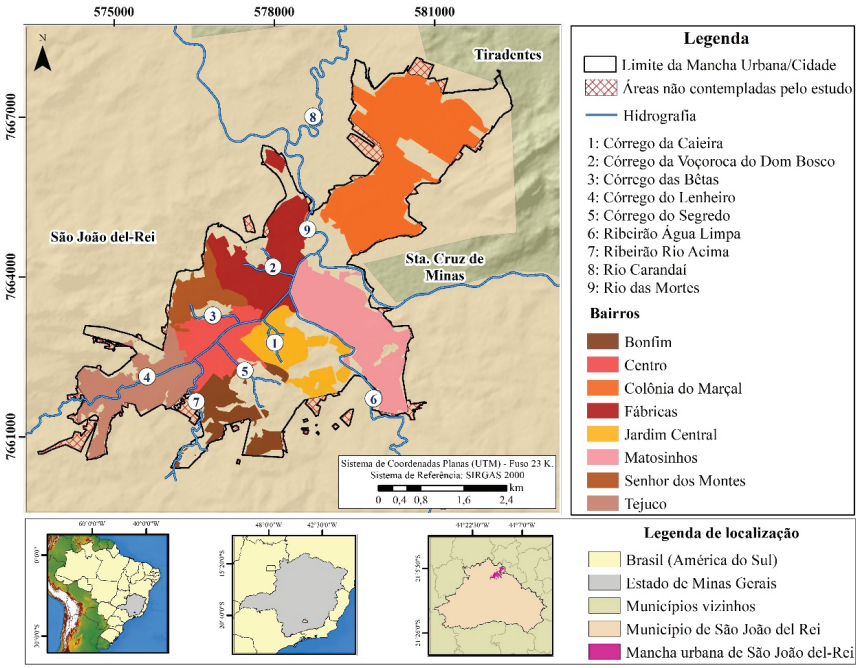


Fig. 60 - Área de estudo para o desenvolvimento do estudo proposto no Capítulo 6 (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

- **Base Hidrográfica Ottocodificada**: os vetores de drenagem ottocodificados (rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água) foram adquiridos a partir de acesso à plataforma de dados espaciais da Agência Nacional de Águas (ANA). O produto apresenta escala de 1:50.000 e foi elaborado a partir do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente Derivado dos dados do Projeto ASTER-DTM (ANA, 2018).

- **Setores Censitários IBGE:** Os limites setoriais e informações socioeconômicas foram adquiridos por meio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, com base no Censo Demográfico de 2010. As informações socioeconômicas foram obtidas conforme o seguinte fluxo: http://www.ibge.gov.br > Download > Estatísticas > Censos Demográficos > Censo 2010 > Resultado do Universo > Agregados por Setores Censitários. O repositório contém 26 arquivos em formato *Comma-Separated Values* (CSV) e da "Base de Informações por Setor

Censitário Censo 2010 – Universo", a qual apresenta a descrição das variáveis contidas nos demais arquivos. A Malha de Setores foi obtida por meio do acesso à base de organização e estrutura territorial do IBGE.

6.2 Métodos

Os procedimentos metodológicos empregados neste estudo partem, inicialmente, do entendimento de que o risco resulta da existência concomitante do perigo e da vulnerabilidade (Ferreira; Rossini-Penteado, 2011; Rebelo, 2003) (Equação 4).

$$R = P \times V \quad (4)$$

Em que:

P: é dado pela presença humana em área suscetível, ou seja, suscetibilidade x presença humana;

V: corresponde ao grau de sensibilidade e fragilidade dessa população humana presente na área suscetível.

Assim, o primeiro passo é a identificação das áreas de suscetibilidade para, posteriormente, identificar a existência do perigo e do risco. Desse modo, para melhor compreensão e organização, os procedimentos de identificação da suscetibilidade, do perigo e do risco de inundação e dos movimentos em massa serão descritos individualmente nas seções a seguir.

6.2.1 Modelo de Suscetibilidade

Para a elaboração do Modelo de Suscetibilidade, utilizaram-se parâmetros físicos do relevo, como altimetria e índices morfométricos, que respondem tanto aos processos de planície como aos de vertente, sendo eles: Índice de Concentração da Rugosidade (ICR); Índice de Hack (IH); e Densidade de Drenagem (DD), além da Hipsometria. Todos esses parâmetros foram elaborados a partir da base topográfica da área de estudo.

Para maior clareza, os procedimentos foram organizados em subseções separadas. O fluxograma abaixo ilustra e sintetiza o procedimento (fig. 61).

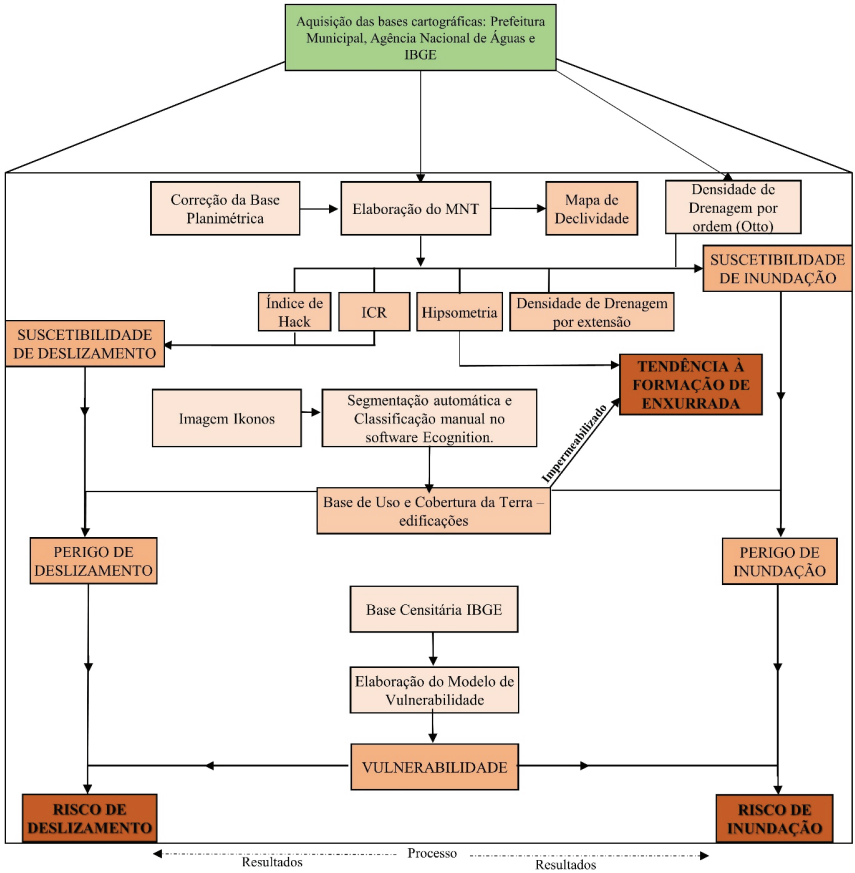


Fig. 61 - Fluxograma e síntese metodológica (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

6.2.1.1 Elaboração do Modelo Numérico de Terreno

Modelo Numérico de Terreno pode ser considerado base principal para a elaboração dos demais produtos já mencionados e que serão descritos a seguir. Sua elaboração foi possível a partir da interpolação dos vetores de Curvas de Nível. Para isso, utilizou-se a ferramenta Create Triangulated Irregular Network (TIN), no ArcMap. O *plugin* tem a função de conectar os vértices a partir de uma série de

arestas para, assim, formar uma rede de triangulações que representam a superfície do terreno (fig. 62).

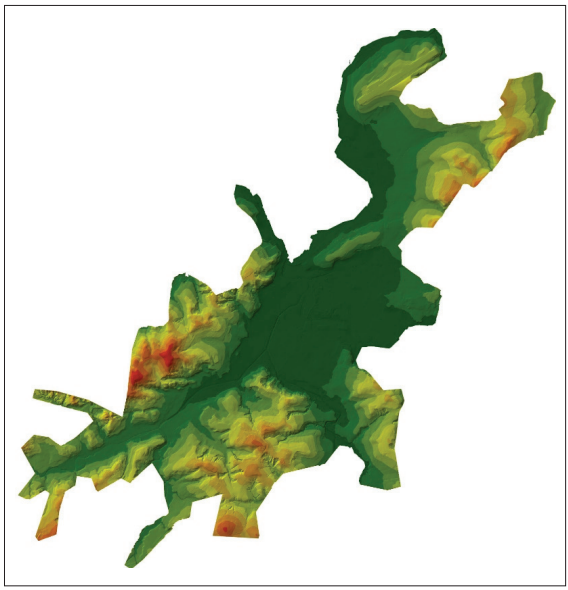


Fig. 62 - Triangular Irregular Networks (TIN) (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

A partir dessa rede triangulada, o arquivo TIN for convertido em *raster*, adotando resolução espacial de 1 m (fig. 63).

6.2.1.2 Elaboração da Base Hipsométrica

Com o Modelo Numérico de Terreno em formato *raster*, foi elaborada a base hipsomética para composição do Modelo de Suscetibilidade à Inundação. Essa variável possui papel fundamental na identificação da suscetibilidade à inundação, pois influencia no nível de água alcançado por esse processo. A relação está associada à própria ação da Lei da Gravidade, que direciona a água para as regiões mais baixas. Assim, quanto menor a altitude, maior a tendência de inundação em uma determinada região, enquanto as maiores altitudes tendem a uma menor probabilidade (Conceição; Simões, 2021; Tucci, 2009; Vasconcelos, 2018).

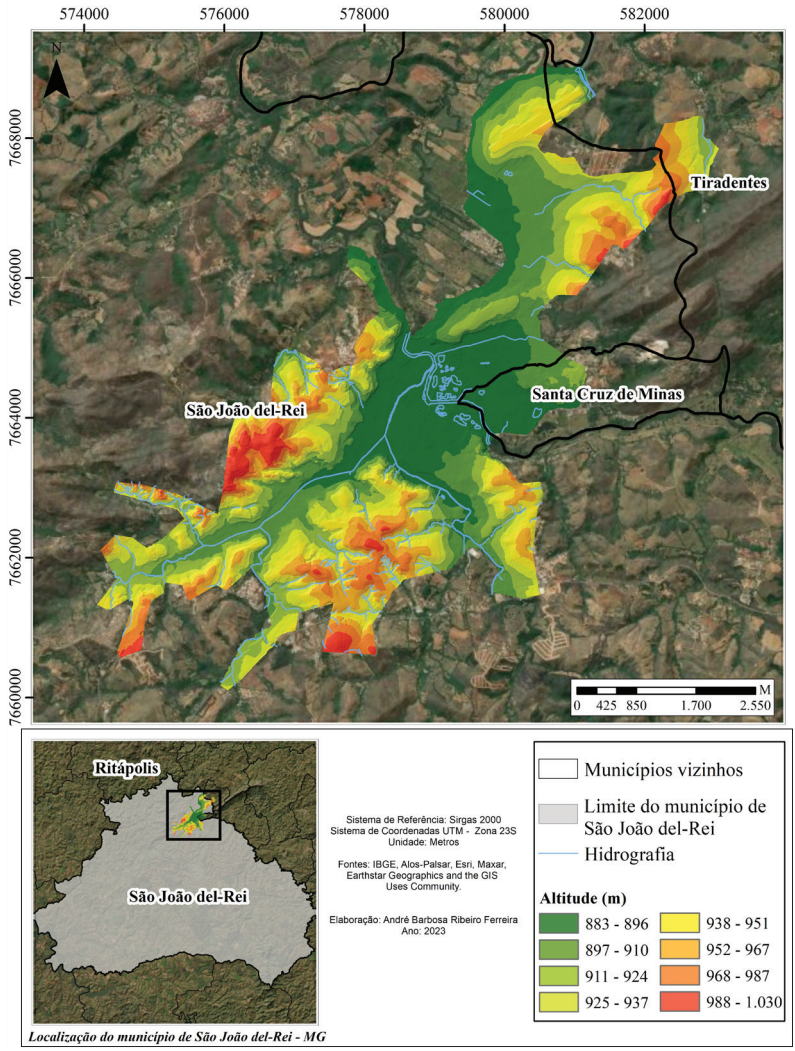


Fig. 63 - Raster: Modelo Numérico de Terreno (Mapa de Hipsometria de São João del-Rei) (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

No caso de São João del-Rei, para a elaboração da base de cotas altiméticas suscetíveis, empregou-se a reclassificação do Modelo Numérico de Terreno (Tabela III), conforme os registros de cotas da inundação, do ano de 2012, delimitados pelo CPRM e pela Defesa Civil (São João del-Rei, 2013, 2015a).

TABELA III – Reclassificação da hipsometria.

Reclassify	Faixas altimétricas	Justificativa
5	883-887	2 m de talude do canal até o nível da rua + 2 m que a água atingiu dentro das casas localizadas no entorno dessa faixa altimétrica
4	887-889	Faixa intermediária
3	889-891	Limite do sopé da encosta do *campus* Dom Bosco
2	891-947,898	Automático
1	947,898-1025	Automático

Fonte: Adaptada de Defesa Civil de São João del-Rei, 2015.

6.2.1.3 Elaboração da Base de Declividade

Ainda com o arquivo TIN, foi elaborada a base de declividade, parâmetro de fundamental importância para a temática deste estudo. Segundo Guerra (1993), a declividade é a inclinação maior ou menor do relevo em relação ao horizonte, ou seja, é o grau de inclinação que uma superfície apresenta em relação ao plano. Logo, vertentes com declividades mais preponderantes são mais suscetíveis aos processos de movimentações gravitacionais de massa (Lupinacci; Oliveira; Souza, 2018). Já planícies ou depressões com baixo grau de inclinação tendem a acumular fluxos d'água, sejam eles de enxurradas ou inundações. Devido a isso, a declividade compõe o aspecto legal de uso e parcelamento do solo urbano a partir da Lei Federal n. 6.766 (Brasil, 1979), a qual determina que não é permitido o parcelamento do solo urbano em áreas com declividades superiores a 30%, bem como em terrenos alagadiços e sujeitos à inundação.

Desse modo, o mapa de declividade corresponde a uma ferramenta relevante para planejamento urbano, obras de engenharia, instalação de usinas, aterros e tendências de urbanização e desenvolvimento agrícola, pois possibilita analisar a dinâmica do espaço (Barros; Polidoro; Takeda, 2009). Além disso, é por meio da declividade que se torna possível a elaboração de importantes índices relacionados à dinâmica ambiental, como o Índice de Hack e o Índice de Concentração da Rugosidade, dentre outros. Para a elaboração da base de declividade, efetuou-se a renderização do TIN por inclinação da rampa (fig. 64).

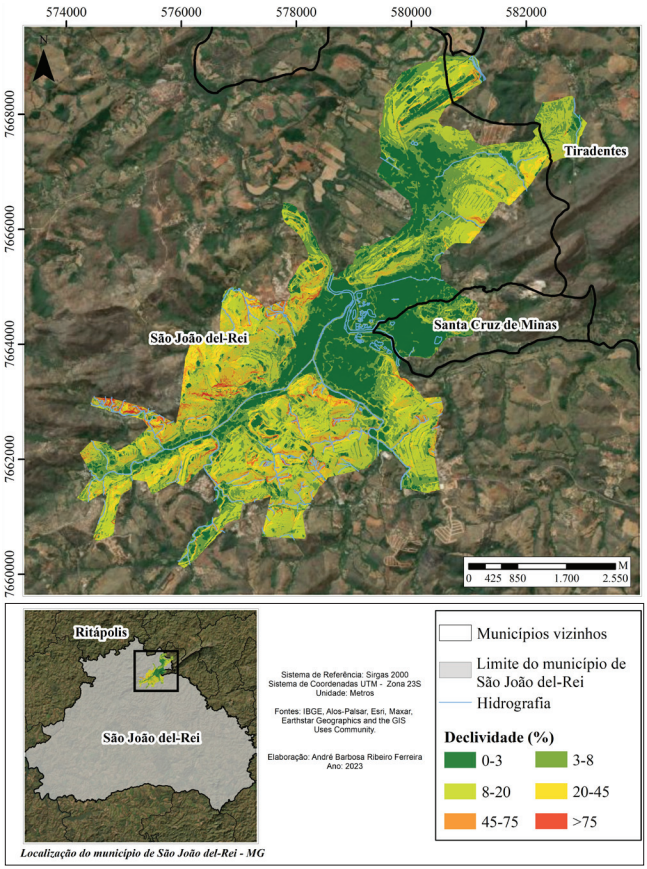


Fig. 64 - Mapa de declividade de São João del-Rei (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

6.2.1.4 Índice de Concentração da Rugosidade

O ICR pode ser considerado uma análise da variação espacial das declividades do relevo, que possui relação com os processos de morfogênese, conduzidos pela incisão vertical dos canais de drenagem, e com a retração das vertentes (Augustin; Sampaio, 2014; Fonseca; Pizani; Souza, 2017). O índice vem sendo empregado em diversas pesquisas e oferece bases para a identificação de áreas potencialmente instáveis expostas aos diferentes processos erosivos e de degradação, dentre outros (Fernandes; Pereira Neto, 2012).

Neste estudo, o ICR constitui um indicador de zonas com altas concentrações de rugosidades, sujeitas a movimentos gravitacionais de massa, bem como de zonas com baixas concentrações de rugosidades, sujeitas ao acúmulo dos fluxos hídricos e lento escoamento, favorecendo, assim, as inundações.

O primeiro passo foi calcular os valores de declividade por pixel, em porcentagem, resultando em uma matriz que, posteriormente, foi convertida em uma nuvem de pontos. Sobre a nuvem de pontos, aplicou-se o estimador de densidade de Kernel, com raio de 150 m para a área de estudo. Segundo Augustin e Sampaio (2014), o raio de estudo para a interpolação dos pontos de declividade, que resultam no ICR, deve ter relação com o tamanho da área de estudo, de modo a não falsear, com raios muito grandes, eventuais fenômenos de variação de declividades.

6.2.1.5 Índice de Hack

O segundo parâmetro utilizado na composição da suscetibilidade foi o Índice de Hack, também denominado "Relação Declividade-Extensão" (Etchebehere *et al.*, 2004). Esse índice estabelece uma relação entre a declividade e a extensão das redes de drenagem (Fonseca, 2010; Hack, 1973). Dessa forma, entende-se que, quando um rio está em equilíbrio, sua energia está igualmente distribuída ao longo do seu canal. Caso contrário, há variações de energia ao longo do canal, influenciadas por quebras ou rupturas de relevo – os *knickpoints*.

Portanto, quanto maior a energia do canal, menor a chance de acúmulo dos fluxos hídricos e, então, menor a possibilidade de ocorrência de inundações; mas, por outro lado, maior a propensão para movimentação em massa. De um modo geral, relevos com a presença de canais com grande energia tendem a apresentar zonas com intensos processos de morfogênese (movimentos em massa). O cálculo empregado para sua determinação pode ser efetuado para toda a extensão do rio (SLtotal = K) ou para um segmento (SLseg). O IH é calculado pela equação simplificada (Equação 5):

$$H = \Delta H / \text{Log}_e \Delta L \quad (5)$$

Em que:

ΔH = variação altimétrica do segmento;

ΔL = comprimento do segmento de drenagem hierarquizado;

Log_e = logaritmo natural.

No presente trabalho, foram utilizados os valores de IH para cada segmento hierarquizado, conforme Strahler (1957). Os resultados de IH por segmento refletem melhor as variações locais de energia do canal e, consequentemente, as zonas com maior susceptibilidade a movimentos em massa.

Para essa aplicação, usou-se a extensão Knickpoint Finder, um *plugin* do ArcMap disponibilizado no *site* da Universidade Federal do Paraná pelo grupo Neotectônica. A extensão utiliza o MNT (*input*), para gerar os pontos de ruptura de declive e a rede de drenagem, os quais foram processados com parâmetro de detalhe 1:6.000 e equidistância de 10 m. Ressalta-se que esses valores não indicam ou se referem à escala cartográfica, são apenas parâmetros de controle para a obtenção da malha de pontos e da distância entre eles.

Tendo efetuado o processamento, a malha de pontos foi interpolada pelo Inverse Distance Weighted (IDW) – Geostatistical Analyst –, com base na coluna de Relação Declividade-Extensão por segmento (RDEs) e na vizinhança mínima e máxima de 10 e 15, respectivamente. O coeficiente de correlação do interpolador IDW indicou autocorrelação entre os pontos mensurados e os preditos, isto é, entre os *knickpoints* e a superfície de extrapolação gerada pela interpolação.

6.2.1.6 Densidade de Drenagem

A Densidade de Drenagem é reconhecida como um dos mais importantes parâmetros da análise morfométrica de bacias hidrográficas (Hiruma; Ponçano, 1994). Definida inicialmente por Horton (1945), a Densidade de Drenagem considera a relação entre o comprimento total dos cursos d'água (L) e a área da drenagem (A) (Equação 6).

$$Dd = L/A. \quad (6)$$

Conforme Castellarin, Montanari e Pallard (2009), o grau de desenvolvimento de uma rede de drenagem possui relação direta com a formação de fluxos que convergem em uma inundação. Assim, a Densidade de Drenagem exerce controles e efeitos significativos sobre os picos de inundação, pois um fluxo mais enérgico aumenta o tempo de concentração. Do mesmo modo, Alves, Cavalcanti e Nóbrega (2013) afirmam que, quanto maior o número de canais contribuintes e a densidade, maior a suscetibilidade da área a inundações de maiores proporções.

Para processar a Densidade de Drenagem, foi extraída a malha de drenagem do MNT, também por meio da extensão *knickpoint* acima mencionada. Em seguida, os vetores obtidos foram interpolados a partir da densidade de Kernel, com raio de 200 m, resultando em uma matriz com as densidades mínimas e máximas.

De modo a complementar e calibrar o produto gerado, atribuindo maior peso aos canais de ordem superior na hierarquia fluvial, foi elaborada uma segunda Densidade de Drenagem, considerando a ordem, conforme Strahler (1957). A elaboração se deu da mesma forma, porém, tomou como referência a coluna "Ordem" da Base Hidrográfica Ottocodificada da Agência Nacional de Águas, a qual já possui a classificação da hierarquia fluvial.

6.2.1.7 Álgebra de Mapas

Tendo constituído esse conjunto de dados morfométricos, todas as bases foram normalizadas de 0 a 1 (Equação 7), para permitir comparações e combinações para a aplicação da análise multicritério (Jankowski; Moura, 2016) e para indicar a influência sobre o processo. No caso do Modelo de Suscetibilidade à Inundação, o ICR e o IH foram invertidos (multiplicados por -1 e novamente normalizados). Esse procedimento visou adequar a intensidade do fenômeno no sentido do objetivo da análise, ou seja, pensando em inundação, quanto menor o valor de IH, menor o potencial energético do canal e maior a suscetibilidade à inundação.

A inversão dos valores numéricos do dado se faz necessária para que não tenhamos variáveis sendo relacionadas com a escala de valores numéricos invertidos em relação

ao objetivo central da análise. Por exemplo, os valores de ICR variam do menor para o maior valor e representam menor e maior rugosidade do relevo. No entanto, quando a variável é analisada sob a ótica dos processos de inundação, percebe-se que, quanto menor o valor de rugosidade do relevo, mais suscetíveis serão os terrenos. A inversão numérica do dado elimina essa relação inversa, deixando a análise coerente.

$$f\,(x) = (x - Mín) * 1/ (Máx - Mín) \qquad (7)$$

Em que:

X corresponde ao *raster* dividido pela diferença de seus valores máximo e mínimo.

Após a normalização, as bases foram justapostas, por meio da álgebra de mapas e da análise multicritério, atribuindo pesos iguais às variáveis normalizadas, de modo a somar 100%. Assim, para o Modelo de Suscetibilidade à Inundação, foram utilizadas as quatro variáveis apresentadas acima (Hipsometria, ICR, IH e DD unificada [DD1 + DD2]), cada uma com peso de 25% (fig. 65).

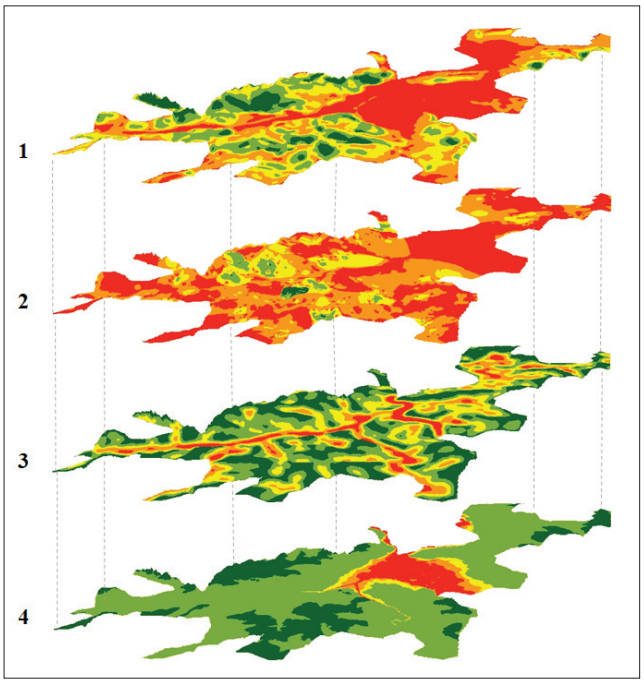


Fig. 65 - Composição do Modelo de Suscetibilidade à Inundação.
Legenda: 1 = ICR. 2 = IH; 3 = DD unificada; 4 = Hipsometria (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

Já para o Modelo de Suscetibilidade a movimentos em massa, foram utilizados e somados o Índice de Hack (*0,50) e o Índice de Rugosidade (*0,50), ambos em seus processamentos normais, sem nenhuma inversão de valores (fig. 66). Nesse caso, a inversão de valores da escala numérica do dado não foi necessária, uma vez que o aumento ou a diminuição da intensidade do fenômeno mapeado está no mesmo sentido do objetivo central da análise. Logo, o aumento ou a diminuição do IH e do ICR corresponde ao aumento da suscetibilidade ao movimento em massa.

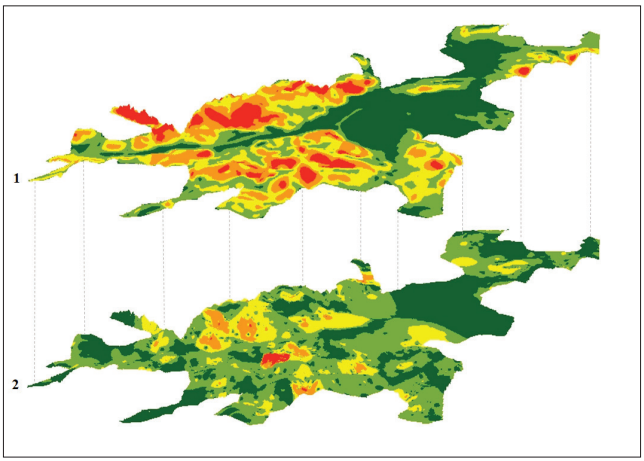


Fig. 66 - Composição do Modelo de Suscetibilidade a movimentos em massa. Legenda: 1 = ICR; 2 = IH (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

Os resultados obtidos nas justaposições foram validados em campo, utilizando o aplicativo Avenza Maps, com interpretação da paisagem e registros históricos e sobrepostos às delimitações de áreas de risco identificadas pela Defesa Civil municipal e pelo Serviço Geológico do Brasil, apresentando coerência.

6.2.2 Modelo de Perigo

Para elaboração do Modelo de Perigo, foi empregada uma álgebra de mapas entre o Modelo de Suscetibilidade e Uso da Terra, sendo classificado manualmente a partir da segmentação da imagem Ikonos, capturada em 2008, no *software Ecognition*

Developer. Nesse processo, após testes de segmentação, adotou-se o parâmetro de escala 10 e diferença espectral 3, o que possibilitou a separação e/ou o agrupamento dos polígonos, conforme suas semelhanças e diferenças de resposta espectral.

A atribuição desses parâmetros de segmentação máxima gerou um alto número de polígonos (2.853.556), pequenos e representativos, o que permitiu que a classificação fosse efetuada, atualizando as modificações ocorridas entre a data da imagem Ikonos e o momento atual (2020/2021). Para isso, foram utilizados trabalhos de campo (subseção a seguir 6.3.2.1) e suporte visual do Imagery Basemap da ESRI e do Google Earth Pro.

Após a classificação da imagem, as classes foram convertidas em *raster*, por meio da ferramenta *Classification* >> *Samples* >> *Create TTA Mask from Samples*. Em seguida, foi efetuada a exportação do produto por meio do processo: *Classification* >> *Salve TTA Mask* >> *Format Tif Geocoded*. O *raster* salvo foi adicionado ao aplicativo ArcMap, onde foi reclassificado (atribuído o nome à classe) e convertido em polígonos, os quais foram unidos, de acordo com a respectiva classe, a partir da função *Merge*. O fluxograma da fig. 67 sintetiza o processo:

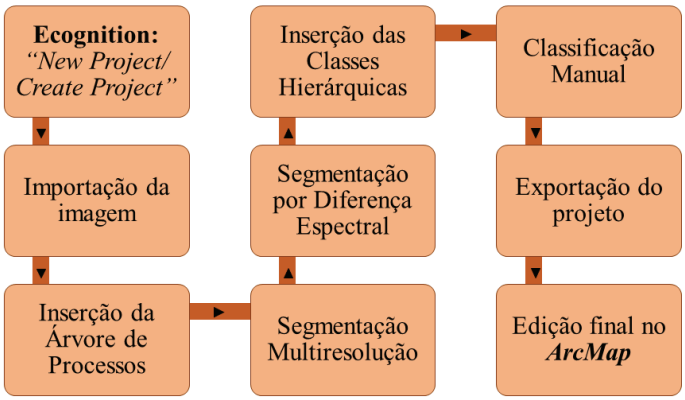


Fig. 67 - Fluxograma síntese da classificação do UCT (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

Ao todo, foram classificados 11 tipos de uso e cobertura da terra, sendo: edificações; água; asfalto; vias semipermeáveis; gramínea; arbusto/arbóreo; solo exposto; cicatriz de deslizamento; afloramento; pontes e voçorocas vegetadas. Apesar

de categorizar esses diferentes usos, para essa metodologia e elaboração do Modelo de Perigo, considerou-se apenas a classe "edificações", pautando-se no entendimento de que o perigo é inerente à presença humana. Ou seja, as edificações são adotadas como infraestruturas que o ser humano habita, abriga-se e tem como referência de lugar. As outras classes não possuem relação com o perigo, mas, sim, influência sobre a suscetibilidade (natural), atenuando-a ou intensificando-a.

Desse modo, o atributo/classe "edificações" foi convertido em *raster* (pixel 1 m), exportado para o aplicativo ArcMap e normalizado entre 0 e 1, sendo o valor máximo referente às áreas edificadas, e o mínimo, às não edificadas (restante da área).

Para determinar o grau de perigo, cada um dos dois Modelos de Suscetibilidade (inundação e movimentos em massa) foi justaposto ao Uso da Terra (fig. 68), ambos com a mesma importância (50%).

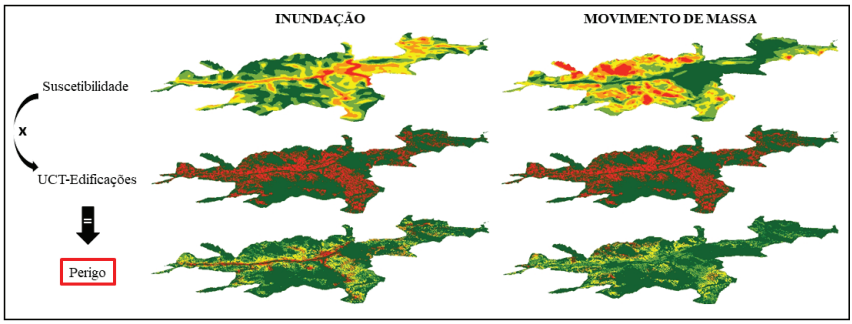


Fig. 68 - Composição dos Modelos de Perigo (Fonte: Ferreira et al., 2023c).

6.3.2.1 Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo foram efetuados em cinco etapas:

1) Reconhecimento e análise crítica das características geomorfológicas e estruturais de São João del-Rei. Ressalta-se que, nesta etapa, o conhecimento prévio e a experiência do lugar foram de suma importância. Período: 29/05/2019 a 04/06/2019.
2) Trabalho efetuado em grupo, visando a ampliação da análise e sistematização da situação natural e estrutural da área de estudo. Período: 15/03/2020 a 19/03/2020.

3) Validação dos modelos de suscetibilidade a inundações, movimentação em massa e UCT; levantamentos históricos registrados em jornais, revistas e afins. Período: 30/08/2021 a 07/09/2021.
4) Revisão e correção de levantamentos histórico-bibliográficos e fotográficos. Período: 25/10/2021 a 29/10/2021.
5) Apresentação do material produzido à Defesa Civil municipal, ao Corpo de Bombeiros e à Secretaria de Planejamento e Patrimônio. Período: 12/12/2022 a 15/12/2022.

Ressalta-se que, durante as cinco etapas, foram efetuados investigações e levantamentos junto aos moradores de áreas de encosta e planícies de inundação, bem como a estudiosos locais que pudessem contribuir com informações e/ou materiais.

6.3.2.2 Validação dos modelos de inundação e movimentação em massa

A validação dos modelos foi realizada a partir da sobreposição das áreas delimitadas pela Defesa Civil, inventários de eventos e os referidos trabalhos de campo. Estes possibilitaram a observação e análise da paisagem, infraestrutura urbana e indícios como: marcas de água, comportas, degraus, calçadas elevadas, taludes, contrafortes, afloramentos, aterros, rastejamento e outros. Para direcionar a validação em campo, os dois modelos gerados (inundação e movimentação em massa) foram inseridos no aplicativo Avenza Maps.

O aplicativo gratuito pertence à empresa canadense Avenza Systems e permite carregar e usar mapas georreferenciados, elaborados em ambiente SIG, possibilitando uma navegação *off-line* com sinal do Global Positioning System (GPS) do dispositivo móvel. Desse modo, permite rastrear a localização, marcar pontos e percursos com fotografia, além de anotações (Bisognin; Cruz; Lanzanova, 2019) (fig. 69).

A utilização do aplicativo em conjunto aos registros de eventos e análise das características estruturais e naturais (ausência de sistema de drenagem, marcas d'água, portões e placas de vedação, rastejamento e outros), permitiram atribuir efetividade ao modelo. Além disso, todos os polígonos delimitados pela Defesa Civil

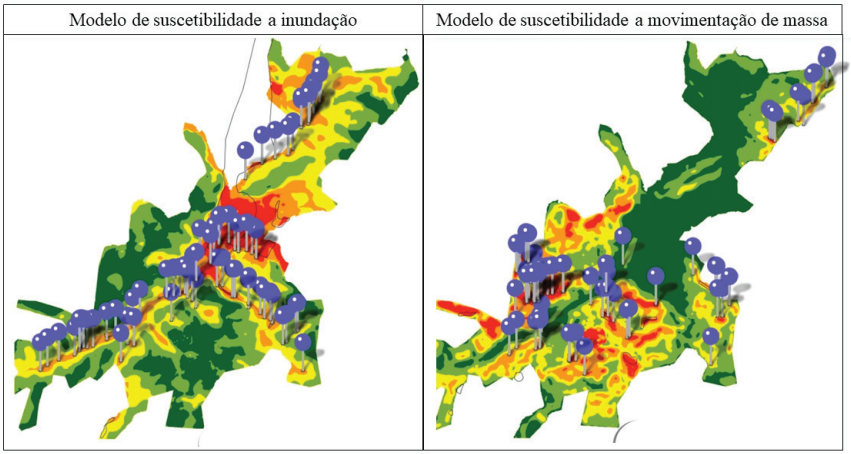


Fig. 69 - Validação das áreas de suscetibilidade em campo (Avenza Systems) (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

municipal, bem como os vetores de taludes, coincidiram com as delimitações do modelo. Por fim, ressalta-se que há polígonos que estendem a delimitação por áreas que a base topográfica não contempla, no entanto, estão fora do recorte espacial que é a cidade de São João del-Rei.

6.2.3 Base e Modelo de Vulnerabilidade

A base de vulnerabilidade contou com nove atributos dos Setores Censitários de São João del-Rei, disponíveis no Catálogo IBGE Cidades. Desses, cinco foram sociodemográficos, e quatro estruturais. A escolha das variáveis utilizadas foi parcialmente embasada na metodologia da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Armbh, 2021) e nos estudos de Bonetti e Lima (2018), ambos na temática de riscos, desastres e eventos extremos.

Desse modo, os componentes das planilhas de "Agregados por Setores Censitários" (Quadro IV) foram importados para a tabela de atributos do *shapefile*, relativa aos Setores Censitários, conforme o *Geocode* de referência e os combinados. A partir disso, cada um dos nove componentes foi exportado no formato *raster*

e normalizado entre 0 e 1. No caso da renda, os valores foram invertidos (*-1) e normalizados, indicando que maior renda infere menor vulnerabilidade.

QUADRO IV – Componentes da vulnerabilidade e relação com a exposição ao perigo.

Componentes da vulnerabilidade – Base Universal do IBGE		**Relação**	
Arquivo*	**Código***	**Quanto maior/mais**	**Vulnerabilidade**
Basico1_MG	V005	Renda mensal	<
Pessoa01_MG	V001	Pessoas analfabetas	>
Pessoa03_MG	V001	Densidade populacional	>
Pessoa13_MG	V022 a V044	Pessoas menores de 10 anos e maiores de 60 anos	>
	V094 a V134		
Domicilio01_MG	V054 a V059	Domicílios com cinco ou mais moradores	>
	V039	Domicílios com lixo enterrado na propriedade	>
Entorno01_MG	V033	Domicílios em áreas sem boca de lobo no entorno	>
	V035		
	V037		
	V050	Domicílios com esgoto a céu aberto	>
	V052		
	V054		
	V056	Domicílios com lixo acumulado nos logradouros	>
	V058		
	V060		

* Nome dos arquivos conforme a nomenclatura do IBGE, sem espaço e sem acentos (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

Empregada e referida a organização, as nove variáveis entre 0 e 1 foram normalizadas e justapostas com igual importância (Equação 8), resultando em uma base global de vulnerabilidade.

(Renda mensal * 0,111) + (Pessoas Analfabetas * 0,111) + (Densidade populacional * 0,111) + (Pessoas menores de 10 anos e maiores de 60 anos * 0,111) + (Domicílios com cinco ou mais moradores * 0,111) + (Domicílios com lixo enterrado * 0,111)

(Domicílios em áreas sem boca de lobo no entorno * 0,111) + (Domicílios com esgoto a céu aberto * 0,111) + (Domicílios com lixo acumulado nos logradouros * 0,111) (8)

6.2.4 Modelo de Risco

O Modelo de Risco foi elaborado considerando que **R = P x V**, conforme a Equação 4 (Ferreira; Rossini-Penteado, 2011; Rebelo, 2003). Portanto, a partir da justaposição individual da base de perigo de cada processo à vulnerabilidade, têm-se um modelo de risco de inundação e outro de movimentos em massa, conforme sintetiza o Quadro V.

QUADRO V – Síntese dos procedimentos que compuseram o risco.

Atributo*	Composição
Suscetibilidade de inundação	(Índice de Concentração de Rugosidade_invertido * 0,25) + (Densidade de Drenagem Unificada * 0,25) + (Índice de Hack_invertido * 0,25) + (Hipsometria * 0,25)
Suscetibilidade a movimentos em massa	(Índice de Concentração de Rugosidade * 0,50) + (Índice de Hack * 0,50)
Perigo de inundação	Suscetibilidade de inundação * UCT_Edificações
Perigo de movimento em massa	Suscetibilidade a movimentos em massa * UCT_Edificações
Vulnerabilidade	Componentes sociodemográficos e estruturais
Risco de inundação	Perigo de inundação * Vulnerabilidade
Risco de movimentos em massa	Perigo de movimento em massa * Vulnerabilidade

*Todos normalizados entre 0 e 1, e pesos distribuídos igualmente. Fonte: Ferreira *et al.* (2023c).

6.3 A identificação de áreas de suscetibilidade, perigo e risco em ambientes urbanos a partir da análise morfométrica: resultados e discussões

Os resultados obtidos por meio dos procedimentos metodológicos descritos apresentaram conformidade com a dinâmica de fenômenos hidrológicos e gravitacionais de encostas que ocorrem em São João del-Rei. Os produtos foram validados em campo por: geolocalização e interpretação da paisagem; análise de ocorrências, a partir de fotografias e registros escritos; sobreposição às delimitações de áreas catalogadas pela Defesa Civil municipal; e sobreposição à base cartográfica de taludes urbanos.

Conforme já mencionado, os processos gravitacionais de massa apresentam menor recorrência em São João del-Rei quando comparados com as inundações. No modelo elaborado, observa-se que as áreas mais suscetíveis a esse tipo de movimento em massa se encontram localizadas nas encostas à direita do Córrego do Lenheiro, majoritariamente nos bairros Tejuco (1) e Senhor dos Montes (2, 3) e, em menor parte, a noroeste do bairro Fábricas (4, 5) (fig. 70). Historicamente, essas encostas localizadas à direita do Rio das Mortes, em São João del-Rei, são caracterizadas por altas declividades e processos de vertente acentuados (Fundação João Pinheiro, 1984).

Em menor proporção, encostas localizadas à direita do Córrego do Lenheiro também apresentam suscetibilidade elevada, porém, possuem declividades menos acentuadas e solos mais profundos, onde predominam processos erosivos e formação de voçorocas. Apesar disso, observou-se que, na face leste da encosta do sub-bairro Guarda-Mor (15), no bairro Tejuco, há ocorrência de solos superficiais sobre rocha alterada, o que, junto ao registro de escorregamento já ocorrido em janeiro de 2000 (Gazeta de São João del-Rei, 2000), torna-se um indício de suscetibilidade. Do mesmo modo, os pontos 10, 12 e 13, localizados em áreas de voçorocas aparentemente em processo de estabilização, também apresentam cicatrizes de deslizamento, identificadas por meio do recurso temporal do Google Earth.

Já no setor nordeste da área de estudo, as declividades são menos acentuadas, e as vertentes suavizadas. Destaca-se, nessa área, a ocorrência de um degrau de abatimento na Alameda dos Manacás (16), provavelmente induzido pela desestabilização do sopé, em que há talude e mobilização de solo.

Assim como o Modelo de movimentos em massa, o Modelo de Inundação representou as particularidades espaciais do processo em São João del-Rei (fig. 71). Como parte da história local, elas são mencionadas em registros que datam do Brasil Colônia e Império (Laet, 1993; Maldos, 2000; Silveira, 1896).

Os canais que se destacam, nesse sentido, são o Córrego do Lenheiro, o Ribeirão Água Limpa e o Rio das Mortes. Nos dois primeiros, as inundações ocorrem, geralmente, de forma mais brusca. São rios, respectivamente, de 5ª e 6ª ordem (ANA, 2018), possuem um gradiente altimétrico elevado e cortam superfícies onde a capacidade de percolação da água é menor que a de escoamento, devido à vegetação rarefeita e à presença de maciços rochosos (Guimarães, 1963). Além disso, parte de

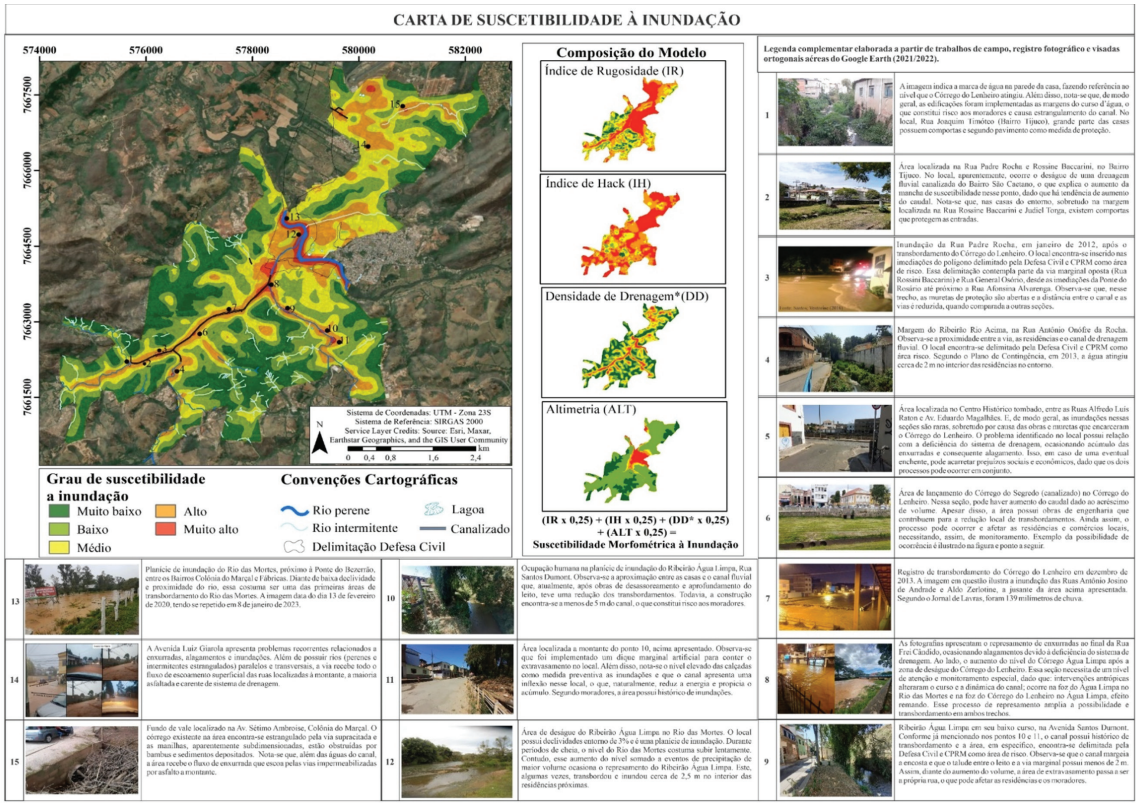


Fig. 70 - Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais em massa (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

ambas as bacias é urbana e teve sua morfologia alterada por intervenções antrópicas, como estrangulamento, canalização, retificação e alteração de nível de base.

Já o Rio das Mortes, diferentemente dos mencionados, é um canal de maior porte, extenso e caudaloso. A elevação no nível das suas águas ocorre, geralmente,

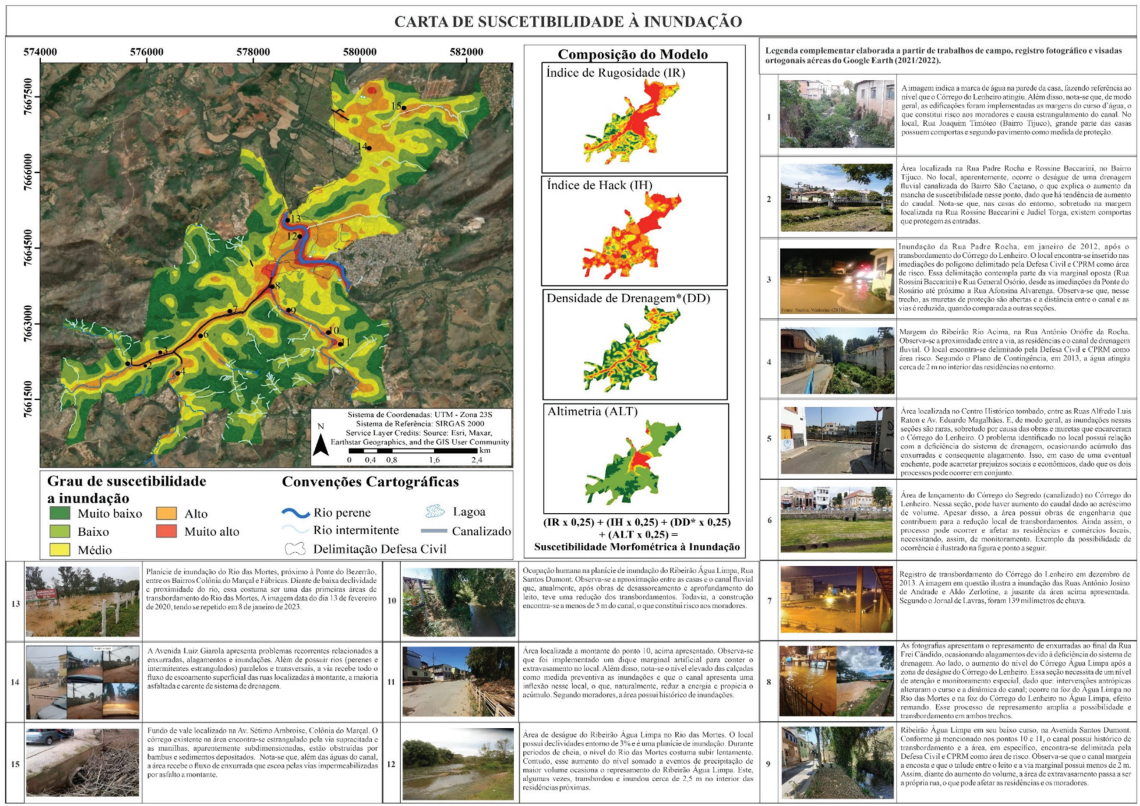


Fig. 71 - Carta de suscetibilidade à inundação (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

durante períodos em que o acumulado pluviométrico é maior. Exemplo disso são as inundações do final de dezembro de 2011 e início de janeiro de 2012, ocorridas a partir de um acumulado pluviométrico mensal (dezembro e janeiro) de aproximadamente 950 mm (Campos; Costa; Pereira, 2014).

Considerando tais características, observa-se que, no Modelo de Inundação, as áreas classificadas com maior grau de suscetibilidade se encontram, sobretudo, na confluência do Córrego do Lenheiro com o Ribeirão Água Limpa e, também, no entorno imediato do Rio das Mortes.

Nessa seção de confluência do Lenheiro com o Água Limpa (8), durante eventos chuvosos de maior intensidade, ocorre o acúmulo caudal dos dois canais e o consequente remanso. O mesmo processo ocorre nas imediações da foz do Água Limpa – confluência com o Rio das Mortes (12) –, afetando, sobretudo, o bairro Nossa Senhora de Fátima, onde, em 2012, inundações atingiram cerca de dois metros de altura no interior das casas (Menezes, 2015; São João del-Rei, 2015a).

Outros pontos de suscetibilidade graduada como "muito alta" se destacam no entorno do Ribeirão Água Limpa, próximo à Avenida Santos Dumont (9, 10, 11). São trechos onde o leito do canal é delimitado por taludes de corte menos demarcados ou inflexões. Somando-se a essas características do canal, a área recebe o fluxo de enxurradas de vias impermeabilizadas a montante, sentido Matosinhos, ampliando o caudal.

Já ao longo do Córrego do Lenheiro, há pontos específicos classificados como de "muito alta" suscetibilidade (3, 6, 7), os quais ocorrem devido ao aumento do caudal por contribuição de afluentes – por exemplo, na confluência com os córregos da Caieira, do Senhor dos Montes, do Segredo e do Rio Acima. No entanto, no entorno do Córrego do Lenheiro, predominam classes de alta suscetibilidade, as quais podem ser confirmadas a partir de registros históricos de inundações, comportas de aço instaladas nas portas e elevação das calçadas (fot. 46), sobretudo no bairro Tejuco.

Além do entorno do Córrego do Lenheiro, Água Limpa e Rio das Mortes, a Colônia do Marçal (nordeste da imagem) também apresentou seções com alta suscetibilidade à inundação (14, 15). De modo geral, o bairro não possui canais de hierarquia fluvial elevada, acima de 1ª e 2ª ordem, exceto o Rio Carandaí (6ª ordem) (ANA, 2018). Este, embora situado no bairro e com uma vasta planície de inundação, não foi contemplado na base topográfica e se encontra a cerca de 520 m das áreas ocupadas.

Fot. 46 - Comportas protetoras de inundação/alagamento
(Fotografia de Ferreira *et al.*, 2023c)

Apesar das referidas características, esses canais de pequeno porte, perenes e intermitentes, encontram-se canalizados, estrangulados ou aterrados (Zacharias *et al.*, 2021). Tal condição, somada à impermeabilização do solo, à consequente ampliação do escoamento superficial, ao padrão geométrico das vias e à própria geomorfologia, faz com que, durante eventos chuvosos, a área seja afetada por inundações, enxurradas e alagamentos (fig. 72).

A partir da identificação e análise dessas áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos em massa, ambos os modelos, justapostos ao Uso da Terra (edificações) (fig. 73), propiciaram a classificação do grau de perigo (fig. 74 e 75). Esse determinante resulta da interação ou existência humana no meio suscetível e, quando acrescido do fator vulnerabilidade (fig. 76), passa a ser um indicativo do grau de risco a que os sujeitos estão expostos.

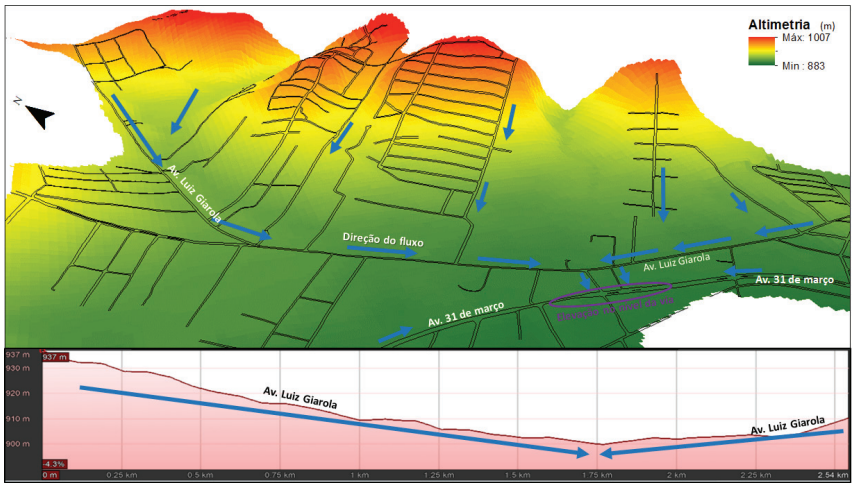


Fig. 72 - Geometria urbana e relevo da Colônia do Marçal (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

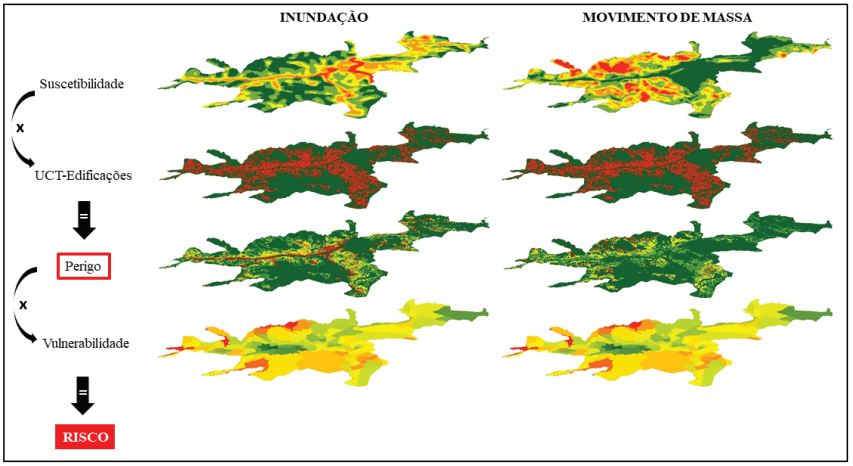


Fig. 73 - Composição do risco (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

Diante desse entendimento, observa-se que, frente a um evento de inundação, as áreas com maior grau de risco (fig. 77) estão localizadas nos bairros Tejuco e Nossa Senhora de Fátima (próximo à confluência do Lenheiro, Água Limpa e Fábricas). Essas áreas, além de apresentarem suscetibilidade elevada ao referido processo, têm uma população com menor capacidade de suportar os danos ocasionados por

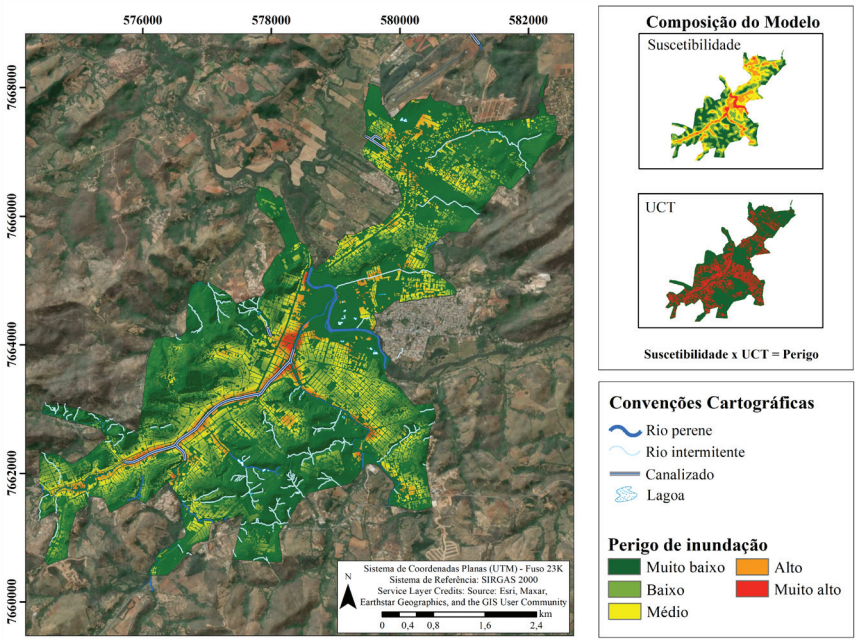


Fig. 74 - Mapa de Perigo de inundação (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

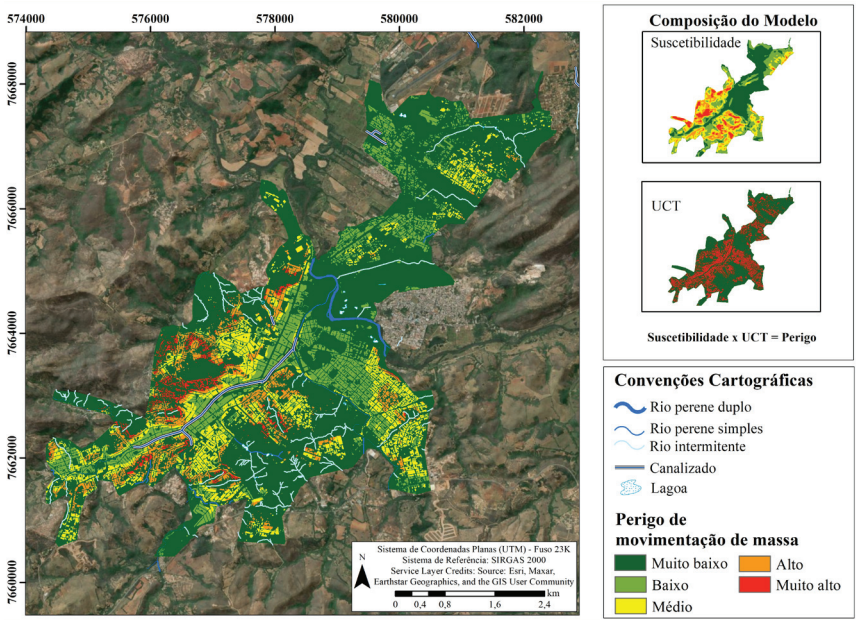


Fig. 75 - Mapa de Perigo de movimentação em massa (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

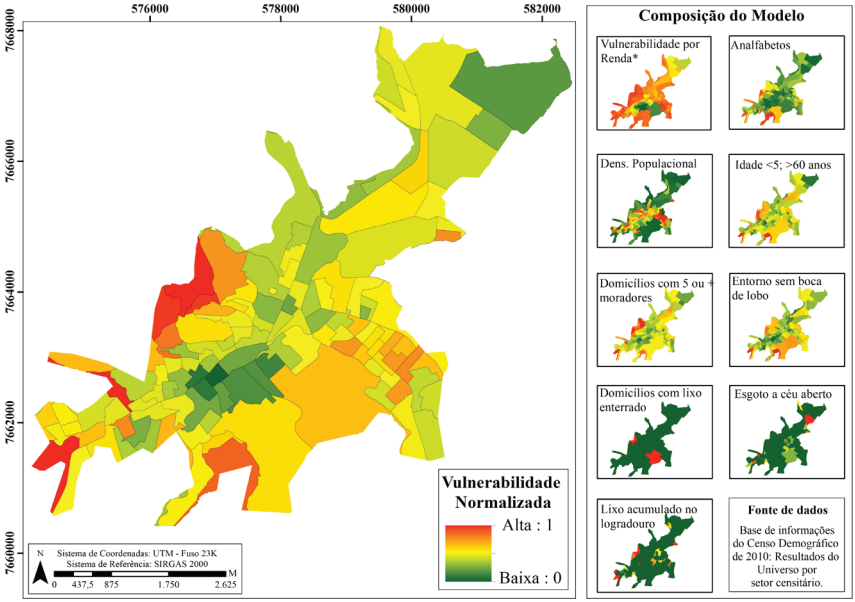


Fig. 76 - Mapa de Vulnerabilidade da cidade de São João del-Rei (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

ele, seja por questão econômica, sociocultural ou de infraestrutura. Tal realidade e grau de exposição são observados, sobretudo, nas imediações do bairro Tejuco, a montante da confluência do Córrego Rio Acima, onde há edificações paralelas ao leito do rio, infraestruturas de estrangulamento e muretas protetoras baixas.

Do mesmo modo, nota-se que, frente ao perigo de movimentação em massa, o bairro Senhor dos Montes é o que tem maior grau de risco (fig. 78), seguido dos bairros Tejuco (sub-bairro Guarda-Mor), Bonfim, Jardim Central (sub-bairro Caieira) e Fábricas, pois são locais específicos em que há, naturalmente, uma predisposição à ocorrência de processos gravitacionais de encosta, conforme apresentado na discussão da suscetibilidade, bem como uma população com menor capacidade socioeconômica de suportar ou de se recuperar do dano.

Por fim, os modelos aqui apresentados, bem como a metodologia proposta, correspondem a ferramentas úteis ao planejamento territorial e à gestão de riscos, podendo contribuir para tomadas de decisão assertivas e estabelecimento de prioridades por parte do Poder Público municipal. Por meio deles, identificou-se que 14,7% (3,29 km²) e 2,5% (0,57 km²) da área de estudo apresentam,

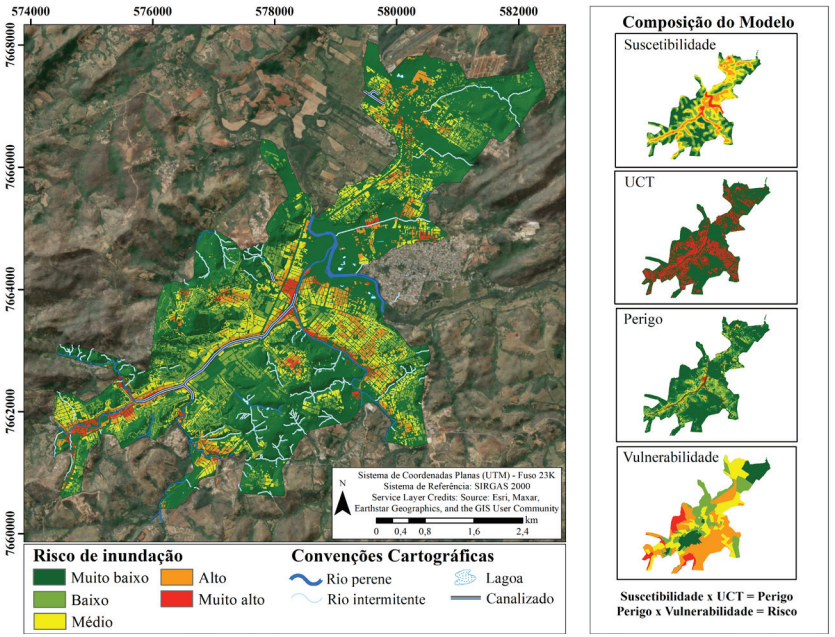


Fig. 77 - Mapa de Risco de inundação (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

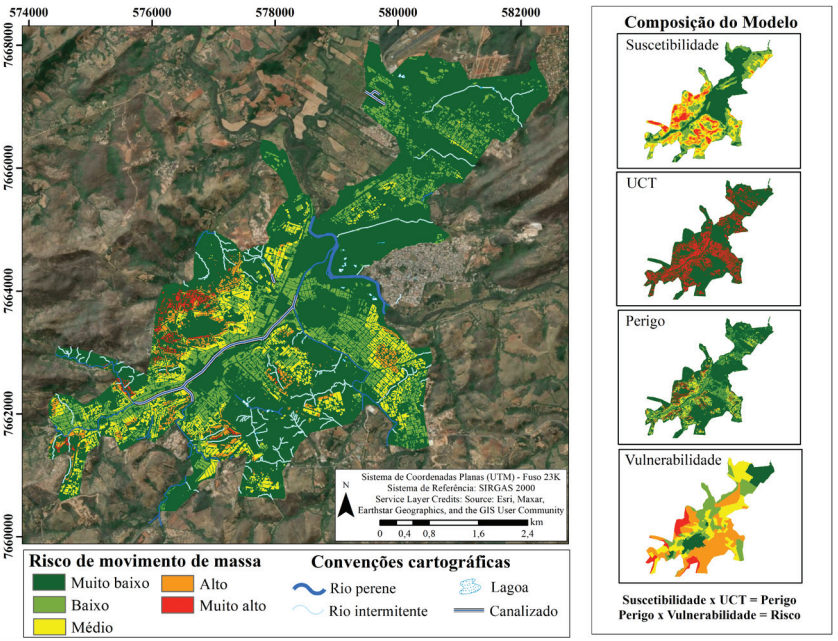


Fig. 78 - Mapa de Risco de movimentação em massa (Fonte: Ferreira *et al.*, 2023c).

respectivamente, suscetibilidades à inundação classificadas como "muito alta" e "alta". Já em relação à suscetibilidade à movimentação em massa, 13% (2,9 km²) da área apresentou grau muito alto, e 5,5% (1,2 km²) alto. Ou seja, 35,7% da área estudada apresenta suscetibilidade a processos que oferecem perigo à população.

6.4 Considerações gerais

A proposta metodológica apresentada integrou os índices de Concentração de Rugosidade, Hack, Densidade de Drenagem e Hipsometria para a identificação de áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos em massa. Por meio da álgebra de mapas e da combinação das referidas variáveis, obtiveram-se dois modelos indicativos dos graus de suscetibilidade à inundação e movimentação em massa em São João del-Rei.

Os produtos foram validados por meio de trabalhos de campo, histórico de recorrência e sobreposição de bases vetoriais da Defesa Civil e do Serviço Geológico do Brasil. Assim, considera-se que o modelo resultante apresentou pertinência na indicação e representação de áreas suscetíveis. A combinação dessas áreas com a ocupação humana, obtida a partir da classificação de uso e cobertura da terra, viabilizou a identificação de áreas de perigo. Estas, por vez, associadas ao grau de vulnerabilidade socioespacial, elaborado a partir de informações do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010), deram origem às bases de risco de inundação e movimentação em massa. Quanto a isso, é importante salientar que os dados correspondem à uma realidade de doze anos atrás e, quando combinados aos resultados do Censo Demográfico de 2022, apresentarão distribuição espacial diferente.

Desse modo, diante da coerência dos modelos e do baixo custo de aplicabilidade para o Poder Público municipal, acredita-se que essa proposta pode contribuir para planejamento territorial, gestão e prevenção de riscos para a cidade de São João del-Rei. A utilização desse produto, pela Defesa Civil municipal e pelos departamentos de planejamento, pode auxiliar nas tomadas de decisão, na definição de prioridades e no ordenamento territorial, além de oferecer possibilidade de replicação para outras áreas. Nesse sentido, é importante que o Poder Público se preocupe com

contratação de mão de obra qualificada, apta para trabalhar com Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e preparada para as análises propostas (a exemplo dos geógrafos). Apesar dessa funcionalidade, conforme já ressaltado, os modelos não substituem os mapeamentos e as análises geotécnicas pontuais, portanto, não possuem caráter de regularização ou interdição de áreas, demandando estudos mais aprofundados e estruturais.

CONCLUSÃO

O estudo apresentado no decorrer desta organização possui a missão de contribuir para o planejamento urbano, a gestão de risco e a prevenção de desastres em São João del-Rei, podendo, também, ser replicado em outros municípios ou porções dele, conforme apresentado na apresentação desse material.

Para isso, foram feitos levantamentos bibliográficos acerca da temática em questão, buscando embasamento teórico e metodológico para fundamentar a pesquisa e o uso correto das terminologias. É nesse sentido que o Capítulo 1 foi elaborado em uma estrutura que afunila a discussão, partindo da definição de risco, sua "composição", elementos e processos envolvidos. Dentre esses processos, deu-se destaque às inundações e às movimentações de massa, as quais estão imbricados ao planejamento, à infraestrutura e à gestão.

A partir disso, a discussão se aprofundou, no Capítulo 2, nas características naturais e socioeconômicas do meio em análise, levantando os aspectos físicos e históricos, os quais contribuem para a construção de um conhecimento sistêmico e integrado de São João del-Rei. Para isso, as informações históricas correspondem à parte importante. Por meio delas, compreendeu-se que São João del-Rei se consolidou como cidade no entorno da vasta malha hidrográfica que a compõe, sobretudo nas imediações do Córrego do Lenheiro, considerado "espinha dorsal" da formação urbana. Essa ocupação, associada à própria característica aurífera da região, posteriormente, foi direcionada para as encostas, as quais possuem declividades que variam de média a muito alta, tornando-se suscetíveis a movimentações de massa.

Em confirmação a essa afirmativa, o Capítulo 3 apresentou um levantamento histórico dos eventos de inundação e movimentos de massa ocorridos na referida cidade. As informações e registro de ocorrência desse documento corroboraram a importância desta pesquisa, bem como de futuros estudos. Nele, pontuou-se que, desde o século XVIII, são identificados registros de inundações, as quais, em diferentes momentos da história, causaram prejuízos econômicos e sociais. A escala temporal do inventário

corresponde ao intervalo entre os anos de 1774 e 2021, ou seja, 247 anos. Nesse período, foram identificados 38 registros de eventos desastrosos, ou que causaram transtornos e prejuízos. Destes, 30 ocorreram entre 1970 e 2021. Outros 22, no século atual, entre 2001 e 2021.

Além desses dados quantitativos, textos históricos também apontam a preocupação, já no período mencionado, em relação à impermeabilização, intervenções de engenharia e, sobretudo, ocupação das encostas e planícies fluviais. Essa ocupação, somada à natural tendência à inundação, à formação de enchentes rápidas e ainda à concepção higienista existente no início do século XX, embasaram modificações na paisagem de São João del-Rei, principalmente na paisagem fluvial. Com isso, vários rios foram aterrados, tamponados, retificados e canalizados, alterando a dinâmica natural sem considerar que a expansão urbana, a implantação de estruturas estranguladoras e a impermeabilização exacerbada reduziriam a esperada funcionalidade da obra. Assim, o Capítulo 4 apresentou o histórico do processo de canalização do Córrego do Lenheiro e afluentes, bem como a alteração da morfologia do Ribeirão Água Limpa e a possível relação disso com as inundações.

Tais podem ser considerados um problema não apenas social e econômico, mas também político-administrativo, pois são reflexo da falta de planejamento ou de um planejamento insuficiente. Assim, considerando que a gestão de riscos e a prevenção de desastres estão inseridas na seara do planejamento, o Capítulo 5 analisou e abordou as características dos planos e políticas públicas de São João del-Rei acerca dessa temática. Nele, observou-se que o Plano Diretor municipal (SÃO JOÃO DEL-REI, 2006), a Lei de Parcelamento do Solo (SÃO JOÃO DEL-REI, 2008) e o Plano Local de Habitação de Interesse Social (SÃO JOÃO DEL-REI, 2010) não estabelecem relação, ou sequer preocupação, como os possíveis riscos de ocupação de determinadas porções do espaço. A ausência de mapas e representações espaciais refletem a insuficiência das análises e do planejamento, os quais ficam, parcialmente, no caso de São João del-Rei, a cargo do Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civil (SÃO JOÃO DEL-REI, 2015a) e de outros estudos e diagnósticos territoriais que nunca foram considerados, como o da Fundação João Pinheiro (1984).

Diante disso, foi ressaltada a importância da elaboração e utilização de modelos e representações espaciais que indiquem áreas suscetíveis aos processos de inundação e movimentação de massa. Esses produtos podem auxiliar nas tomadas de decisão e embasar planos e políticas voltados ao ordenamento territorial sustentável, reduzindo a condição de perigo e a exposição da população ao risco.

Com esse intuito, o Capítulo 6 apresentou uma proposta metodológica aplicada e validada na cidade de São João del-Rei. O estudo utilizou de geotecnologias para a associação de características morfométricas do relevo, a fim de indicar áreas suscetíveis aos processos de inundação e movimentação de massa. Os resultados foram validados em campo e apresentaram conformidade com a paisagem local e a própria dinâmica de recorrência dos processos. Com isso, foram associados à base de uso da terra de modo a indicar as áreas de perigo, dado que este só existe onde há presença humana, ou seja, ocupação edílica. Posteriormente, o perigo foi associado às características socioeconômicas e estruturais contidas na Base de Informações do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). A partir dessas informações, produziu-se uma base síntese de vulnerabilidade, a qual justaposta à base de perigo, possibilitou a classificação e representação dos diferentes graus de risco, diante da ocorrência de inundações e movimentos de massa.

De modo geral, os capítulos apresentaram conexão e complementaridade, com o intuito de fornecer ferramentas para que o Poder Público municipal invista e tenha bases para um planejamento eficiente, para a revisão do Plano Diretor, a atualização do Plano de Contingência e a elaboração de uma Lei de Parcelamento do Solo pertinente. Com isso, uma parcela do que engloba a gestão de risco e a prevenção de desastres passaria a ser contemplada, restando manutenção, alerta e atualização, os quais devem ser constantes.

Por fim, ressalta-se que todo o material produzido, sobretudo os modelos de suscetibilidade, perigo e risco de inundação e movimentação de massa, foi apresentado aos representantes da Defesa Civil municipal, do Corpo de Bombeiros e da Secretaria de Infraestrutura e Obras Urbanas. O intuito da apresentação foi qualificar e, novamente, validar o estudo em questão pela perspectiva de quem vive e atua diretamente no enfrentamento do risco. O retorno positivo, por parte desse corpo técnico, corroborou para a comprovação da qualidade do produto, o qual foi

solicitado, pelo coordenador da Defesa Civil municipal, para compor a atualização do Plano de Contingência e se tornar uma base de referência para as ações e atuações de Defesa Civil.

Ademais, a já mencionada possibilidade de replicação metodológica dos modelos vem sendo empregada a partir da parceria com o Instituto de Gestão Territorial e Geotecnologias (IGTECH). Este inseriu e validou a proposta no Diagnóstico Territorial do Plano Diretor dos municípios de Bela Vista de Minas, Igarapé, Catas Altas, São Gonçalo do Rio Abaixo, Santa Bárbara e São Tomé das Letras, o que passa a ser uma evolução e um incentivo para que esses planos considerem e contemplem a temática.

Referências bibliográficas

A Antiga São João Del Rei. (15 jul. 2022) *Fotos. São João del-Rei, 2013-2020*. Facebook. https://www.facebook.com/groups/antigasjdr/about

Ab'saber, A. N. (2004). *São Paulo*: *Ensaios entreveros*. EDUSP.

Ab'saber, A. N. (2007). A estrutura da planície do Pinheiros: A geologia da Região do Butantã, em São Paulo, e o desastre recente nas obras do metrô. *Scientific American Brasil*, *1*, 98.

Adler, R. F., Hong, Y., Negri, A., & Huffman, G. J. (2007). Flood and landslide applications of near real-time satellite rainfall products. *Natural Hazards*, *43*(2), 285–294. DOI: https://doi.org/10.1007/s11069-006-9106-x

Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte. (2021). *Aplicação de metodologia simplificada para definição de áreas de ameaça de desastres naturais*. AGRMBH.

Agência Nacional de Águas. (2018). *Base hidrográfica ottocodificada da bacia do Rio Paraná 1:50.000/1:100.000*. Agência Nacional de Águas. https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/a7e786e6-9f80-43f4-aaeb-89f019863b60

Aguiar, L. M. B., & Santos, B. H. (2016). A expansão do território urbano e São João del-Rei/MG: A criação/destruição de geografias da esperança. *OKARA*, *10*(1), 59–77. https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/okara/article/view/26534

Alcántara-Ayala, I., & Goudie, A. S. (Orgs.). (2010). *Geomorphological hazards and disaster prevention*. Cambridge University Press.

Alheiros, M. M., Souza, M. A. A., Medeiros, S. M. G. M., & Amorim Júnior, W. M. (2003). *Manual de ocupação dos Morros da Região Metropolitana de Recife*. FIDEM.

Allasia, D., Tassi, R., Neves, M. G. F. P., Villanueva, A. O. N., Tucci, C. E. M., & Cruz, M. A. S. (2003). Estudo de caso: Plano diretor de drenagem urbana de Porto Alegre/RS. *Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos*, Curitiba, 1–19.

Almeida, E. P. C., Santos, H. G., & Zaroni, M. J. *Latossolos vermelhos-amarelos*. EMBRAPA. https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/latossolos/latossolos-vermelho-amarelos

Almeida, L. Q. (2010). *Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos*: *Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho – Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. 2010*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Institucional UNESP. http://hdl.handle.net/11449/104309

Almeida, L. Q., & Pascoalino, A. (2009). Gestão de risco, desenvolvimento e (meio) ambiente no Brasil: Um estudo de caso sobre os desastres naturais de Santa Catarina. *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, Viçosa, 1–20. https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2014/07/gestao_de_risco_desenvolvimento_e_meio_ambiente_no_brasil.pdf

Almeida, P. E. G. (2015). A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil: Os desastres como problema político. *Seminário Internacional de Ciência Política*, Porto Alegre, 1–22. https://www.ufrgs.br/sicp/wp-content/uploads/2015/09/ALMEIDA-Paula-Emília-G.-A-Política-Nacional-de-Proteção-e-Defesa-Civil-desastres-como-um-problema-político.pdf

Alves, H. P. F. (2006). Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: Uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos de População*, *23*(1), 43–59. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-30982006000100004

Alves, K. M. A., Cavalcanti, L. C. S., & Nóbrega, R. S. (2013). Eventos extremos e risco de inundação: Uma análise do comportamento evolutivo dos Distúrbios Ondulatórios de Leste em junho de 2010 sobre a bacia do rio Una-Pernambuco. *GeoTextos*, *9*(2), 173–189. DOI: https://doi.org/10.9771/1984-5537geo.v9i2.6628

Alves, P. R., Barbosa, Z. N. T., & Oliveira, W. N. (2011). Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de riscos, Estudo de caso: Angra dos Reis/RJ. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Curitiba, 4940–4947.

Alves, V. A. R. (2020). *Relação cidade-curso de água: A canalização do Ribeirão Pirapitinga em Catalão (GO)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório UFCAT. http://repositorio.ufcat.edu.br/tede/handle/tede/10846

Amaral, R., Santoro, J., & Tominaga, L. K. (2009). *Desastres naturais: Conhecer para prevenir*. Instituto Geológico.

Amaral, R., Santoro, J., & Tominaga, L. K. (2012). *Desastres naturais: Conhecer para prevenir* (2. ed.). Instituto Geológico.

Ammas del-Rei. (13 fev. 2020a). *Residências inundadas pela chuva de ontem*. Facebook. https://www.facebook.com/ammasdelrei2019/posts/2350496281717881

Ammas del-Rei. (13 fev. 2020b). *Transbordamento do Rio das Mortes*. Facebook. https://www.facebook.com/ammasdelrei2019/photos/pb.100072255114512.-2207520000./2350909101676599/?type=3

Ammas del-Rei. (19 fev. 2021). *Chuva da madrugada causa transtornos na cidade*. Facebook. https://www.facebook.com/ammasdelrei2019/posts/3270856489681851

Andrade, A. M., Araújo, K. V., & Dobbss, L. B. (2020). Análise da fragilidade potencial e emergente do município de Canaã dos Carajás, sudeste do Estado do Pará. *Geografia Ensino & Pesquisa*, *24*, 1–30. DOI: https://doi.org/10.5902/2236499444092

Andrade, M. F. (2013). *O tombamento dos bens arquitetônicos e urbanísticos de São João del-Rei em torno da preservação e do progresso*. 2013. [Dissertação de Mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie]. Adelpha Repositório Digital. http://dspace.mackenzie.br/handle/10899/25952

Andrade, R. B., Toledo, M., Oliveira, J. S., & Barbosa A. R. (2014). A análise crítica do atual processo de expansão urbana de São João del-Rei-MG a partir do Bairro Colônia do Marçal. *Simpósio Mineiro de Geografia das diversidades à articulação Geográfica*, Alfenas, 994–1008.

Antunes, M. A. H., Carvalho, C. C. N., & Nunes, F. C. (2013). Histórico do levantamento de solos no Brasil: Da industrialização brasileira à era da informação. *Revista Brasileira de Cartografia*, *5*(65), 997–1013. DOI: https://doi.org/10.14393/rbcv65n5-43876

Apollo Mapping. *Satélite Ikonos*. Apollo Mapping. https://apollomapping.com/ikonos-satellite-imagery?utm_source=Google&utm_medium=cpc&utm_campaign=1043421005&utm_term=ikonos&utm_content=121025928660&gclid=Cj0KCQjwkZiFBhD9ARIsAGxFX8DRqn1kM4thThJqgpeRwAKTLzYLGI1lbNvnf4bxWeeBJ_6FRSBpjjEaApWNEALw_wcB

Araújo, A. S., Bertuzzi, A. B., & Freitas, M. J. C. C. (2018). Planos municipais de contingência de proteção e Defesa Civil: As concepções dos atores municipais e o modelo adotado em Santa Catarina. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, *7*, 402–422. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v7e02018402-422

Arauto de Minas. (1888). Ao Fiscal do 1º Distrito. *Arauto de Minas*, *12*(27), 3–4. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=715131&pesq=S%C3%A3o%20Jo%C3%A3o%20del%20Rei&pagfis=1315

Arquivo Público Mineiro. (1881). *Esboço do plano de ouro na região da Comarca do Rio das Mortes, Província de Minas Gerais – Brasil, 1881*. Arquivo Público Mineiro. http://www.siaapm.cultura.mg.gov.br/modules/grandes_formatos/brtacervo.php?cid=5&op=1

Aruzzo, F. A. (2016). *Mapeamento geológico estrutural da formação Tiradentes, Mesoproterozoico, São João del-Rei, Minas Gerais*. [Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Pantheon UFRJ. http://hdl.handle.net/11422/4099

Assad, L. (2013). Cidades nascem abraçadas a seus rios, mas lhes viram as costas no crescimento. *Ciência e Cultura*, *65*(2), 6–9. DOI: http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000200003

Assae, S., Câmara, F. A., & Fugita, O. (1979). *Drenagem urbana: Manual de projeto*. Secretaria de Obras e Meio Ambiente.

Assumpção, A. P., & Marçal, M. S. (2012). Retificação dos canais fluviais e mudanças geomorfológicas na planície do rio Macaé (RJ). *Revista de Geografia*, *29*(3), 18–36. https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/228972

Augustin, C. H. R. R., & Sampaio, V. M. S. (2014). Índice de concentração da rugosidade: Uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, *15*(1), 47–60. DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376

Ávila, C. A., Souza, A. N., Vilela, F. T., Pinheiro, M. A. P., Stohler, R. C., Oliveira, F. V. C. S. R. S., & Tedeschi, M. F. (2019). *Mapa geológico e de recursos minerais: Folha SF.23-X-C-II-1 São João del-Rei*. Repositório Institucional de Geociências. https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/20410

Azevedo, A. (1956). Vilas e cidades do Brasil Colonial: Ensaio de geografia urbana retrospectiva. *Boletim da FFCL*, *208*(11), 1–96. https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/113/111

Bao, H., Wang, S., Zhang, K., Chao, L., Li, D., Tian, X., Chen G., & Xia, Y. (2021). Exploring the utility of radar and satellite-sensed precipitation and their dynamic bias correction for integrated prediction of flood and landslide hazards. *Journal of Hydrology*, *603*, 126964. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126964

Baptista, M. B., & Cardoso, A. S. (2013). Rios e cidades: Uma longa e sinuosa história. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, *20*(2), 124–153. DOI: https://doi.org/10.35699/2316-770X.2013.2693

Barbosa, C. C., Camara, G., Medeiros, J. S., Crepani, E., Novo, E., & Cordeiro, J. P. C. (1998). Operadores zonais em álgebra de mapas e sua aplicação a zoneamento ecológico econômico. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, 1–12.

Barbosa, H. S. L. (2019). *As transformações históricas e a dinâmica atual da paisagem da Serra do Lenheiro, São João del-Rei, Minas Gerais*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei]. UFSJ. https://ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Helton%20Santos%20Lopes%20Barbosa.pdf

Barbosa, J. C. (1968). Esclarecimento necessário. *Ponte da Cadeia*, *2*(77), 3.

Barros, L. F. P. (2012). *Eventos sedimentares do Quaternário e evolução morfodinâmica do Vale do Rio Conceição-Quadrilátero Ferrífero/MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais] Repositório Institucional UFMG. http://hdl.handle.net/1843/MPBB-8RBKE9

Barros, M. V. F., Polidoro, M., & Takeda, M. M. G. (2009). Geração de modelos tridimensionais através de dados do Shuttle Radar Topography Mission para subsídios no planejamento urbano e estudos geomorfológicos. *Encontro Nacional da ANPEGE*, Curitiba, 1–19. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/486/2020/07/5a-Semana-da-Geomática.pdf

Baruqui, A. M., Naime U. J., Motta, P. E. F., & Carvalho Filho, A. (2006). *Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da zona Campos das Vertentes*. EMBRAPA. http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/856021

Bateira, C. V. M. (2001). *Movimentos de vertente no NW de Portugal: Susceptibilidade geomorfológica e sistemas de informação geográfica*. [Tese de Doutorado, Universidade do Porto]. Repositório Aberto da Universidade do Porto. https://hdl.handle.net/10216/13059

Bathrellos, G. D., Skilodimou, H. D., Chousianitis, K., Youssef, A. M., & Pradhan, B. (2017). Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map. *The Science of the Total Environment*, *575*, 119–134. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.025

Beck, U. (2006). Living in the world risk society. *Economy and Society*, *35*(3), 329–345. DOI: https://doi.org/10.1080/03085140600844902

Benatti, J. H. (2003). Aspectos legais e institucionais do zoneamento ecológico econômico. *Revista de Direito Ambiental*, *8*(29), 103–114.

Berry, J., & Tomlin, C. D. (1979). A mathematical structure for cartographic modeling in environmental analysis. *American Congress on Surveying and Mapping Annual Meeting*, Falls Church, 269–283. http://www.innovativegis.com/basis/Papers/Other/MathematicalStructure_1987/MathematicalStructure_1987.pdf

Bertalanffy, L. V. (2010). *Teoria geral dos sistemas* (5. ed.). Vozes.

Bertone, P., & Marinho, C. (2013). Gestão de riscos e resposta a desastres naturais: A visão do planejamento. *Congresso Consad de Gestão Pública*, Brasília, 1–24.

Bertoni, J. C., & Tucci, C. E. M. (2003). *Inundações urbanas na América do Sul*. Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Bertrand, G. (1972). Paisagem e geografia física global: Esboço metodológico. *Caderno de Ciências da Terra*, *13*, 1–12. DOI: http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389

Besse, J. M. (2006). *Ver a terra*: *Seis ensaios sobre paisagem e a geografia*. Perspectiva.

Bishop, P. (1995). Drainage rearrangement by river capture, beheading and diversion. *Progress in Physical Geography*, *19*(4), 449–473. DOI: https://doi.org/10.1177/030913339501900402

Bisognin, R. P., Cruz, R., & Lanzanova, M. E. (2019). Mapeamento do uso da terra e identificação de conflitos legais em áreas de preservação permanente utilizando SIG. *Ciência e Natura*, *41*(40), 1–12. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X36407

Bitar, O. Y. (Org.). (2014). *Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações*: 1:25.000*: Nota técnica explicativa*. CPRM.

Bitar, O. Y., Freitas, C. G. L., & Macedo, E. S. (2015). *Guia Cartas geotécnicas: Orientações básicas aos municípios*. IPT.

Blaschke, T., & Lang, S. (2009). *Análise da paisagem com SIG*. Oficina de Texto.

Blot, M. L. B. H. P. (2003). *Os portos na origem dos centros urbanos.* Instituto Português de Arqueologia.

Bobrowsky, P., & Highland, L. M. (2008). *The landslide handbook: A guide to understanding landslides*. U. S. Geological Survey.

Bonetti, J., & Lima, C. O. (2018). Proposta metodológica para adequação das informações do Censo Demográfico do IBGE na análise da vulnerabilidade social a eventos extremos na zona costeira. *Revista Brasileira de Geografia*, *63*(2), 122–140. DOI: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2018_n2_122-140

Bonham-Carter, G. F. (1994). *Geographic information systems for geoscientists*: *Modelling with GIS*. Pergamon.

Botelho, R. G. M. (2011). Bacias hidrográficas urbanas. In Guerra, A. J. T. (Org.), *Geomorfologia urbana* (pp. 71–115). Bertrand Brasil.

Brasil. (1979). *Lei No. 6.766, de 19 de dezembro de 1979*.

Brasil. (1986). *Decreto-Lei No. 2.284, de 10 de março de 1986*.

Brasil. (1998). *Parâmetros curriculares nacionais: Geografia*. Ministério da Educação.

Brasil. (2001). *Lei No. 10.257, de 10 de julho de 2001*.

Brasil. (2007). *Lei No. 11.445, de 5 de janeiro de 2007*.

Brasil. (2007a). *Política Nacional de Defesa Civil.* Ministério da Integração Nacional.

Brasil. (2007b). *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios.* IPT.

Brasil. (2009). *Lei No. 11.977, de 7 de julho de 2009*.

Brasil. (2010). *Decreto No. 7.217, de 21 de junho de 2010*.

Brasil. (2012a). *Manual para apresentação de propostas para Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável e de Manejo de Águas Pluviais*. Ministério das Cidades.

Brasil. (2012b). *Lei No. 12.608, de 10 de abril de 2012*.

Brasil. (2014). *Decreto No. 8.211, de 21 de março de 2014*.

Brasil. (2015). *Decreto No. 8.629, de 30 de dezembro de 2015*.

Brasil. (2017a). *Decreto No. 9.254, de 29 de dezembro de 2017*.

Brasil. (2017b). *Módulo de formação: Elaboração de plano de contingência: Livro base*. Ministério de Integração Nacional.

Brasil. (2020a). *Carta brasileira de cidades inteligentes*. Ministério do Desenvolvimento Regional.

Brasil. (2020b). *Decreto No. 10.203, de 22 de janeiro de 2020*.

Brasil. (2020d). *Lei No. 14.026, de 15 de julho de 2020*.

Brasil. (2023a). *Atlas digital de desastres no Brasil*. MIDR.

Brasil. (2023b). *Decreto No. 11.467, de 5 de abril de 2023*.

Brasil. Cadastro Único. (2020c). *Relatório de programas e ações*. Ministério da Cidadania. https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/RIv3/geral/index.php

Brasil. Governo Federal. (1988). *Constituição da República Federativa do Brasil*. Presidência da República.

Brasileiro, V. B., Dangelo, A. G. D., & Lemos, C. B. (2013). *Registros de memória: Leitura da paisagem cultural da cidade de São João del-Rei, em Minas Gerais, por meio da Iconografia Histórica*. Centro de Investigação Transdisciplinar Cultura, Espaço e Memória. https://www.citcem.org/3encontro/docs/pdf/part_09/56%20-%20Vanessa%20Brasileiro%20et%20al.%20-%20TEXTO.pdf

Callegaro, C. G. J. (2014). *Operação urbana consorciada água espraiada*: *Um olhar sobre a distribuição da chuva na fonte*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Presbiteriana Mackenzie]. Adelpha Repositório Digital. http://dspace.mackenzie.br/handle/10899/25979

Câmara, A. L. S. (1970). Calçamento. *Ponte da Cadeia*, *3*(144), 3.

Câmara, A. L. S. (1975). Notas à margem da história antiga de São João del-Rei. *Revista do Instituto Histórico Geográfico de São João del-Rei*, *2*, 15–32.

Câmara, G., & Medeiros, M. J. (2005). Modelagem de dados em geoprocessamento. In Assad, E. D., & Sano, E. E. *Sistemas de informação geográfica: Aplicações na agricultura* (pp. 47–66). EMBRAPA.

Câmara, G., Davis, C., & Monteiro, A. M. V. (2004). *Introdução à ciência da geoinformação*. INPE.

Campos, A. C. A. L., & Santos, A. C. P. (2007). Levantamento florístico e fitossociológico da mata ciliar do Rio das Mortes em São João del-Rei, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Biociências*, *5*(2), 1177–1179. https://seer.ufrgs.br/index.php/rbrasbioci/article/view/115387

Campos, A. C., Costa, J. C., & Pereira, G. (2014). Análise da precipitação no município de São João del-Rei (MG). *Simpósio Mineiro de Geografia*, Alfenas, 223–228.

Campos, C. C., & Vasconcelos, G. N. (2018). Impactos socioambientais da autorregulação de projetos e obras em São João del-Rei/MG e a atuação dos arquitetos locais. *Encontro Arquisur*, Belo Horizonte, 1–17.

Campos, R. J., & Dias, S. I. S. (2020). As bacias hidrográficas e o planejamento urbano: O caso de Cascavel/PR. *Thêma et Scientia*, *10*(2), 52–91. https://themaetscientia.fag.edu.br/index.php/RTES/article/view/1229/1259

Canholi, A. P. (2014). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. Oficina de Textos.

Canil, K., & Moretti, R. S. (2020). Desafios para a articulação entre as cartografias de risco e o planejamento territorial. *Diálogos Socioambientais na Macrometrópole Paulista*, *3*(8), 19–23. https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambientais/article/view/347

Canil, K., Lampis, A., & Santos, K. L. (2020). Vulnerabilidade e a construção social do risco: Uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. *Cadernos Metrópole*, *22*(48), 397–416. DOI: https://doi.org/10.1590/2236-9996.2020-4803

Capanema, L. X. L. (2022). Implementação do novo marco legal do saneamento: A importância da regulação por contrato em um cenário atual de transição regulatória. In Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Org.), *BNDES Setorial 56* (pp. 5–40). BNDES.

Cardona, O. D. (2004). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. In Bankoff, G., Frerks, G., & Hilhorst, D. (Orgs.), *Mapping vulnerability* (pp. 56–70). Routledge.

Cardoso Neto, A. (2009). *Sistemas urbanos de drenagem*. Agência Nacional de Águas. http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Antonio%20Cardoso%20Neto/Introducao_a_drenagem_urbana.pdf

Cardozo, F. S. (2009). *Análise das áreas suscetíveis a inundações e escorregamentos na bacia do rio Forquilhas, São José/SC*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional UFSC. https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92805

Carneiro, A. F. T., Gomes, D. A. M., & Silva, D. C. (2014). Processamento de imagens de satélites disponíveis na internet com o Quantumgis para bases cartográficas de pequenos municípios. *Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, Recife, 730–736.

Carneiro, E. J. (2009). Formações territoriais urbanas em São João del-Rei (MG). *Simpósio Nacional De História*, Fortaleza, 1–11. Disponível em: https://saojoaodelreitransparente.com.br/files/docs/Formações_territoriais_urbanas_em_São_João_del_Rei.pdf. Acesso em: 6 out. 2024.

Carpi Júnior, S., & Dagnino, R. S. (2007). Risco ambiental: Conceitos e aplicações. *Climatologia e Estudos da Paisagem*, *2*(2), 50–87. https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/climatologia/article/view/1026

Carvalho, E. M. (2007). *Riscos ambientais em bacias hidrográficas: Um estudo de caso da bacia do Córrego Fundo, Aquidauana/MS*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul]. https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/990

Carvalho, I. C. D. H. (2018). *Análise de recorrências de eventos de desastres naturais com base no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) e séries históricas de precipitação no Brasil: Uma contribuição metodológica*. [Tese de Doutorado, Universidade de Brasília]. Repositório Institucional UnB. http://repositorio.unb.br/handle/10482/34584

Carvalho, J. W. L. T., Marangon, F. H. S., & Santos, I. (2020). Recuperação de rios urbanos: Da interdependência e sincronicidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas. *Revista do Departamento de Geografia*, *40*, 163–174. https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/162247

Casagrande, P. B., Moura, A. C. M., & Rocha, N. A. (2018). Análise combinatória e pesos de evidência na produção de análise de multicritérios em modelos de avaliação. *Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica*, *10*, 49–74. https://docs.wixstatic.com/ugd/79758e_4d6e3e3aa4394cb99da67962a23aa240.pdf

Casseti, V. (2005). *Geomorfologia*. [*s.n.*].

Casseti, V. (1991). *Ambiente e apropriação do relevo*. Contexto.

Castellar, S. M. V., & Paula, I. R. (2020). O papel do pensamento espacial na construção do raciocínio geográfico. *Revista Brasileira de Educação em Geografia*, *10*(19), 294–322. DOI: https://doi.org/10.46789/edugeo.v10i19.922

Castellarin, A., Montanari, A., & Pallard, B. (2009). A look at the links between drainage density and flood statistics. *Hydrology and Earth System Sciences*, *13*(7), 1019-1029. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-13-1019-2009

Castro, A. L. C. (1998). *Glossário de defesa civil, estudo de riscos e medicina de desastres* (2. ed.) Ministério do Planejamento e Orçamento.

Castro, A. L. C. (2009). *Glossário de defesa civil, estudos de riscos e medicina de desastres* (3. ed). Ministério da Integração Nacional.

Castro, A. L. C. (Org.). (1996). *Manual de desastres naturais*. Ministério do Planejamento e Orçamento.

Castro, C. M., Peixoto, M. N. O., & Rio, G. A. P. (2005). Riscos ambientais e geografia: Conceituações, abordagens e escalas. *Anuário do Instituto de Geociências*, *28*(2), 11–30. https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/6292

Cavalcante, J. S. I. (2013). *Percepção de riscos ambientais de populações vulneráveis a inundações e deslizamentos de dunas em Natal-RN*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. Repositório Institucional UFRN. https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/18237

Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. (2022). *EM-DAT: The international disaster database*. CRED. https://www.emdat.be

Centro de Monitoramento e Alerta de Desastres. (2022). *Movimentos de massa*. CEMADEN. http://www2.cemaden.gov.br/deslizamentos/

Chantal, B. P., & Raison, J. P. (1986). *Paisagem*. In Romano, R. (Org.), *Enciclopédia Einaudi* (pp. 138–159). Imprensa Nacional.

Chiba, M. K., Coelho, R. M., & Valladares, G. S. (2008). *Mapa pedológico do município de Campinas, SP: Legenda expandida*. EMBRAPA.

Chorley, R. J. (1967). Models in geomorphology. In Chorley, R. J., & Haggett, P. (Orgs.), *Models in geography* (pp. 43–96). Methuen & Co.

Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia*. Blucher.

Christofoletti, A. (1999). *Modelagem de sistemas ambientais* (10. ed.). Blucher.

Christofoletti, A., & Teixeira, A. L. A. (1997). *Sistemas de informação geográfica: Dicionário ilustrado*. Hucitec.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. (2007). *Comunidade mais segura: Mudando hábitos e reduzindo riscos de movimentos de massa e inundações*. CPRM.

Compans, R. (2007). A cidade contra a favela: A nova ameaça ambiental. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, *9*(1), 83–99. DOI: https://doi.org/10.22296/2317-1529.2007v9n1p83

Conceição, R. A. C., & Simões, P. M. L. (2021). *Nota técnica para elaboração de modelagens de inundação*. CPRM.

Confalonieri, U. E. C. (2015). Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra Livre*, *1*(20), 193–204. DOI: https://doi.org/10.62516/terra_livre.2003.185

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL (2022). *Lista de municípios com decretos vigentes associados a desastres*. Defesa Civil de Minas Gerais. http://www.defesacivil.mg.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14

Corrêa, A. C. B., Girão, O., & Guerra, A. J. T. (2007). Encostas urbanas como unidades de gestão e planejamento, a partir do estudo de áreas a sudoeste da cidade do Recife-PE. *Revista de Geografia*, *24*(3), 239–267. https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/228730

Corrêa, E. A., & Flach, C. W. (2017). Levantamento de solos no Brasil: Métodos, práticas e dificuldades *Geographia Meridionalis*, *3*(3), 420–431. DOI: https://doi.org/10.15210/gm.v3i3.12237

Corrêa, R. L. (2004). Posição geográfica de cidades. *Cidades*, *1*(2), 317–323. DOI: https://doi.org/10.36661/2448-1092.2004v1n2.12545

Costa, L. M. S. A. (2006). *Rios e paisagens urbanas em cidades brasileiras*. PROURB.

Costa, V. C., Dourado, F., & Meirelles, E. O. Análise multicritério para mapeamento da suscetibilidade a movimentos de massa na bacia do Rio Paquequer-RJ. *Geo UERJ*, *33*, 1–22. DOI: https://doi.org/10.12957/geouerj.2018.26037

Cota, D. A., Diorio, A. C. D. (2018). A produção (formal) do espaço urbano e arquitetônico de interesse social: Reflexões a partir de quatro empreendimentos em São João del-Rei, MG – Brasil. *Encuentro de Geógrafos de América Latina*, Lima, 1–19. http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal14/Geografiasocioeconomica/Geografiaurbana/089.pdf

Coutinho, J. M. V. (1968). O gnaisse alcalino da Serra do Matola. *Mineralogia e Petrologia*, *15*, 5–156. https://www.revistas.usp.br/bffcluspmineralogia/article/view/121456/118340

Coutinho, M. P., Londe, L. R., Santos, L. B. L., & Leal, P. J. V. (2015). Instrumentos de planejamento e preparo dos municípios brasileiros à Política de Proteção e Defesa Civil Urbana. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, *7*(3), 383–396. DOI: https://doi.org/10.1590/2175-3369.007.003.AO06

Cristo, S. S. V. (2002). *Análise de susceptibilidade a riscos naturais relacionados às enchentes e deslizamentos do setor leste da Bacia Hidrográfica do Rio Itacorubi, Florianópolis-SC*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional UFSC. DOI: http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/82704

Crozier, M., Glade, T., & Hufschmidt, G. (2005). Evolution of natural risk: Research framework and perspectives. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, *5*(3), 375–387. DOI: https://doi.org/10.5194/nhess-5-375-2005

Cruz, J., Rozé, J. P., Francia, F., & Cob, G. (2003). *Ecología social de los desastres*. Coscoroba.

Cruz, M. A. S., Souza, C. F., & Tucci, C. E. M. (2012). Desenvolvimento urbano de baixo impacto: Planejamento e tecnologias verdes para a sustentabilidade das águas urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, *17*(2), 9–18. https://www.abrhidro.org.br/SGCv3/publicacao.php?PUB=1&ID=62&SUMARIO=814

Cunha, S. B., Dias, L. S. M. (2017). Mudanças nos canais fluviais da sub-bacia do Canal do Cunha (RJ): Intervenções antrópicas. *Equador*, *6*(2), 23–43. DOI: https://doi.org/10.26694/equador.v6i2.6242

Cymbalista, R. (2016). A trajetória recente do planejamento territorial no Brasil: Apostas e pontos a observar. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, *111*, 29–45. https://ipardes.emnuvens.com.br/revistaparanaense/article/view/60

Czeresnia, D., & Oviedo, R. A. M. (2015). O conceito de vulnerabilidade e seu caráter biossocial. *Interface*, *19*(53), 237–250. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-57622014.0436

Dacanal, C., Labaki, L. C., & Silva, T. M. L. (2010). Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. *Ambiente Construído*, *10*(2), 115–132. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000200008

De By, R. A., & Huisman, O. (2009). *Principles of geographic information systems*. ITC.

DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA (2022). *Gestão de risco: O que é*. Defesa Civil de Santa Catarina. https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/gestao-de-risco-o-que-e/

DEFESA CIVIL DE SÃO JOÃO DEL-REI (2015). *Plano de contingência de proteção e defesa civil.* Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

DEFESA CIVIL DE SÃO JOÃO DEL-REI (2018a). *Relatório de Constatação 17/2018*. Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

DEFESA CIVIL DE SÃO JOÃO DEL-REI (2018b). *Relatório de Constatação 49/2018*. Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

DEFESA CIVIL DE SÃO JOÃO DEL-REI (2019). *Relatório de Constatação 12/2019*. Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

DEFESA CIVIL DE SÃO JOÃO DEL-REI (2020). *Formulário de Informações do Desastre – FIDE.* Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS E SANEAMENTO (1959). *Fundos/Coleções: Córrego dos lenheiros afluente do córrego Água Limpa, São João del-Rei (MG): Levantamento, folha n. 7*. Sistema de Informações do Arquivo Nacional. https://sian.an.gov.br/sianex/consulta/Pesquisa_%20Livre_Painel_Resultado.asp?v_CodReferencia_id=2411932&v_aba=1

Deschamps, M. V. (2004). *Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná]. Acervo Digital da UFPR. https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/531

Deyle, R. E., French, S. P., Olshansky, R. B., & Paterson, P. G. (1998). Hazard assessment: The factual basis for planning and mitigation. In Burby, R. J. (Org.), *Cooperating with nature: Confronting natural hazards with land-use planning for sustainable communities* (119–166). Joseph Henry Press.

Dicionário Etimológico (2019). *Desastre*. 7Graus. https://www.dicionarioetimologico.com.br/desastre/

Dowell, S., & Licco, E. A. (2015). Alagamentos, enchentes enxurradas e inundações: Digressões sobre seus impactos socioeconômicos e governança. *Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística*, *5*(3), 159–174. https://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/revistainiciacao/wp-content/uploads/2015/12/110_IC_artigo-.pdf

Dror, Y. (1963). The planning process: A facet design. *International Review of Administrative Sciences*, *29*(1), 46–58. DOI: https://doi.org/10.1177/002085236302900108

Duarte, F. (2011). *Planejamento urbano* (2. ed.). Ibpex.

Dulac, V. F., & Kobiyama, M. (2017). Interfaces entre políticas relacionadas a estratégias para redução de riscos de desastres: recursos hídricos, proteção e defesa civil e saneamento. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, *14*(1), 1–20. DOI: http://hdl.handle.net/10183/184461

Emami, S. N., Yousefi, S., Pourghasemi, H. R., Pouyan, S., Eskandari, S., & Tiefenbacher, J. P. (2020). A machine learning framework for multi-hazards modeling and mapping in a mountainous area. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–14. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-69233-2

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2013). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. EMBRAPA.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (2021). *Ikonos: Característica dos satélites Ikonos*. EMBRAPA. https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/ikonos

ENGRETEC (2022). *Drenagem e limpeza de poço do subsolo de condomínio*. Engretec. https://engretecrj.com.br/servicos/drenagem-e-limpeza-de-poco-de-esgoto/

Esteves, C. J. O. (2011). Risco e vulnerabilidade socioambiental: Aspectos conceituais. *Caderno IPARDES: Estudos e Pesquisas*, *1*(2), 62–79. https://ipardes.emnuvens.com.br/cadernoipardes/article/view/421

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS (2009). *Terminologia de reducción de riesgo de desastres*. Organização das Nações Unidas.

Etchebehere, M. L., Saad, A. R., Santoni, G., Casado, F. C., & Fulfaro, V. J. (2004). Aplicação do índice Relação Declividade-Extensão - RDE na bacia do Rio do Peixe (SP) para detecção de deformações neotectônicas. *Geologia USP*, *4*(2), 43–56. DOI: https://doi.org/10.5327/S1519-874X2004000200004

Eustáquio, A., & Ribeiro, E. (13 fev. 2012). Início de ano com muita chuva na região do Campo das Vertentes. *Jornal das Lajes*. https://www.jornaldaslajes.com.br/integra/inicio-de-ano-com-muita-chuva-na-regiao-do-campo-das-vertentes/800

Faria, D. G. M. (2011). *Mapeamento de perigo de escorregamentos em áreas urbanas precárias brasileiras com a incorporação do Processo de Análise Hierárquica (AHP)*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/T.18.2011.tde-08122011-110908

Faria, T. J. P. (2015). Os projetos e obras do engenheiro Saturnino de Brito e mudança na paisagem urbana. *Geografia Ensino & Pesquisa*, *19*, 115–122. DOI: https://doi.org/10.5902/2236499419375

Ferentz, L. M. S., & Garcia, C. M. (2020). A capacidade do Estado frente a gestão de riscos e desastres após a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei 12.608/2012). *Revista Brasileira de Políticas Públicas*, *10*(1), 244–267. https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/RBPP/article/view/6550

Fernandes, C. Y., Ventura, L. A., Moura, P. M., Nascimento, N. O., & Baptista, M. B. (2017). Avaliação do plano de contingência para desastres de Belo Horizonte 2016/2017. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, 1–8. https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/60/PAP023211.pdf

Fernandes, E., & Pereira Neto, M. C. (2012). Concentração de rugosidade topográfica: Subsídios ao estudo de fragilidade potencial da bacia hidrográfica do Rio Seridó. *Geonorte*, *3*(5), 1396–1405. https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2198/2069

Ferraro, B. V., Marques Neto, R., & Zaidan, R. T. (2016). Cartografia geomorfológica regional aplicada ao estudo da evolução DO em bordas planálticas: Aplicações no setor NW da folha Juiz de Fora. *SINAGEO*, Maringá, 1–9. https://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-49-60.html

Ferreira, A. B. R. (1992). *Geotecnologias e métodos de representação espacial no estudo de áreas de risco de inundação e movimento de massa: Análise integrada de São João del-Rei/MG (Brasil)*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Institucional UNESP. https://hdl.handle.net/11449/251190

Ferreira, A. B. R., Zacharias, A. A., Cardoso, F. S., & Fonseca, B. M. (2023b). A questão da suscetibilidade e risco de inundações e movimentos de massa nos instrumentos políticos de planejamento urbano de São João del-Rei: Uma análise crítica. *Geografia*, *48*(1), 1–28. https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/17381

Ferreira, A. B. R., Zacharias, A. A., Cardoso, F. S., & Fonseca, B. M. (2023a). As modificações antrópicas na paisagem fluvial da cidade São João del-Rei – Minas Gerais, Brasil. *Sociedade & Natureza*, *35*(1), 1–21. DOI: https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66435

Ferreira, A. B. R., Zacharias, A. A., Cardoso, F. S., & Fonseca, B. M. (2022). Levantamento histórico-geográfico dos eventos de inundação e deslizamentos na cidade de São João del-Rei no período de 1774 a 2021. *Ciência Geográfica*, *26*(4), 1734–1773. https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXVI_4/agb_xxvi_4_web/agb_xxvi_4-01.pdf

Ferreira, A. B. R., Zacharias, A. A., Cardoso, F. S., Fonseca, B. M, & Zucherato, B. (2023c). Modelagem ambiental de áreas suscetíveis à inundação e aos movimentos de massa: Uma proposta metodológica com estudo de caso na cidade de São João del-Rei, Minas Gerais – Brasil. *Caderno de Geografia*, *33*(75), 1329–1358. DOI: https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2023v33n75p1329

Ferreira, A. C. (2017). *Serra do Lenheiro, um conjunto de geossítios e suas inter-relações constituindo um relevante geoheritage*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei]. UFSJ. https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Arlon.pdf

Ferreira, C. J., & Rossini-Penteado, D. (2011). Mapeamento de risco a escorregamento e inundação por meio da abordagem quantitativa da paisagem em escala regional. *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia*, São Paulo, 1–12.

Ferreira, F. C., Moura, A. C. M., & Queiroz, G. C. (2011). Geoprocessamento no planejamento urbano. *Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, Toluca, 1–15. https://www.inegi.org.mx/contenidos/eventos/2011/infogeo/ET4_16_COSTA.pdf

Ferreira, J. C., Rocha, J., Tenedório, J. A., & Sousa, P. M. (2004). Análise multi-critério e objectos de fronteira indefinida para construção de uma matriz de corredores verdes. *Congresso de Geografia Portuguesa*, Guimarães, 1–20. https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/58171/1/C16_15Out_J.Carlos%20Ferreira.pdf

Finkler, R. (2012). *Planejamento, manejo e gestão de bacias: Instrumentos de planejamento e manejo de bacia hidrográfica*. Agência Nacional de Águas.

Fitz, P. R. (2008). *Geoprocessamento sem complicação*. Oficina de Textos.

Fonseca, B. M. (2010). *O uso do Sistema de Informações Geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na serra do Espinhaço Meridional-MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório Institucional UFMG. http://hdl.handle.net/1843/MPBB-86XLMN

Fonseca, B. M. (2016). Geodesign: Conceitos e arcabouço metodológico. In Moura, A. C. M. (Org.), *Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano* (pp. 195-216). Interciência.

Fonseca, B. M., Pizani, F. M. C., & Souza, F. É. V. (2017). Compartimentação do relevo baseada em parâmetros morfométricos: Uma proposta de índice global de dissecação do relevo. *Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*, *1*, 5513–5524. DOI: https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2085

Fornasari Filho, N. (1992). *Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia: Boletim 61*. IPT.

Francesconi, R. (1972). *Pigmatitos da região de São João del-Rei – MG*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/T.44.2016.tde-01022016-103945

Freitas, M. I. C., & Lombardo, M. A. (Orgs.). (2013). *Riscos e vulnerabilidades: Teoria e prática no contexto luso-brasileiro*. Cultura Acadêmica.

French, K., & Li, X. (2010). Feature-based cartographic modelling. *International Journal of Geographical Information Science*, *24*(1), 141–164. DOI: https://doi.org/10.1080/13658810802492462

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO (1984). *Diagnóstico de São João del-Rei: Indicações de projetos*.

Furedi, F. (2007). From the narrative of the blitz to the rhetoric of vulnerability. *Cultural Sociology*, *1*(2), 235–254. DOI: https://doi.org/10.1177/1749975507078187

G1 Notícias. (16 maio 2024). Temporais no RS: Mais duas mortes são confirmadas e total chega a 157. *G1 - Portal de notícias da Globo*. https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/16/relatorio-defesa-civil-vitimas-enchentes-rs-1605.ghtml

Galina, M. H., & Troppmair, H. (2006). Geossistemas (Geosystems). *Mercator*, *5*(10), 79–90. http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/69

Galler, C., Haaren, C. V., & Ott, S. (2008). *Landscape planning*: *The basis of sustainable landscape development*. Bundesamt für Naturschutz.

Gamba, M. A., & Santos, E. R. (2006). Risco: Repensando conceitos e paradigmas. *Acta Paulista de Enfermagem*, *19*(4), 1. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-21002006000400001

Gazeta de São João del-Rei (10 fev. 2007b). Chuvas voltam a castigar São João. *Gazeta de São João del-Rei*, *9*(441), 1.

Gazeta de São João del-Rei (11 jan. 2003b). Muro de pedras ameaça desabar. *Gazeta de São João del-Rei*, *4*(230), 2.

Gazeta de São João del-Rei (12 nov. 2005). Chuvas inundam ruas na Colônia do Marçal. *Gazeta de São João del-Rei*, *8*(376), 2.

Gazeta de São João del-Rei (13 mar. 1999a). São João a caminho do caos urbano. *Gazeta de São João del-Rei*, *1*(4), 4.

Gazeta de São João del-Rei (14 jan. 2012a). Chuvas continuam e alagam São João del-Rei. *Gazeta de São João del-Rei*, *14*(698), 3.

Gazeta de São João del-Rei (15 dez. 2001b). Chuva rápida causou estragos. *Gazeta de São João del-Rei*, *3*, 2.

Gazeta de São João del-Rei (17 jan. 2004). Chuva traz inundações e desabamentos. *Gazeta de São João del-Rei*, *6*(282), 2.

Gazeta de São João del-Rei (17 mar. 2012b). Chuva provoca inundações em São João del-Rei. *Gazeta de São João del-Rei*, *14*(707), 3.

Gazeta de São João del-Rei (22 mar. 2002). Chuva alaga ruas e irrita moradores. *Gazeta de São João del-Rei*, *4*(220), 3.

Gazeta de São João del-Rei (22 mar. 2003a). Foto da semana. *Gazeta de São João del-Rei*, *5*(222), 4.

Gazeta de São João del-Rei (27 jan. 2007a). Chuvas causam prejuízos e morte. *Gazeta de São João del-Rei*, *9*(439), 2.

Gazeta de São João del-Rei (27 out. 2007c). Foto da semana. *Gazeta de São João del-Rei*, *9*(473), 4.

Gazeta de São João del-Rei (7 abr. 2001a). Chuva derruba casas e deixa centenas sem teto. *Gazeta de São João del-Rei*, *3*(140), 2.

Gazeta de São João del-Rei (8 jan. 2000). Chuva traz prejuízos e assusta a população. *Gazeta de São João del-Rei*, *2*(76), 1.

Gazeta de São João del-Rei (9 jan. 1999b). Chuvas fortes ameaçam a população em vários bairros. *Gazeta de São João del-Rei*, *1*(25), 1.

Gil, A. C. (2008). *Métodos e técnicas de pesquisa social* (6. ed). Atlas.

Girão, Í. R. F., Rabelo, D. R., & Zanella, M. E. (2018). Análise teórica dos conceitos: Riscos socioambientais, vulnerabilidade e suscetibilidade. *Revista de Geociências do Nordeste*, *4*, 71–83. DOI: https://doi.org/10.21680/2447-3359.2018v4n0ID13273

Godoy, P. R. (2011). A cidade no Brasil-Período colonial. *Caminhos de Geografia*, *12*(38), 8–15. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG123816118

Goerl, R. F., Kobiyama, M., & Pellerin, J. R. G. M. (2012). Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a inundação: Estudo de caso do município de Rio Negrinho – SC. *Boletim de Geografia*, *30*(1), 81–100. https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/13519/9407

Goes, M. H. B., Marino, T. B., & Silva, J. X. (2011). Geoinclusão: Um caminho do dado à informação. *Revista de Geografia*, *1*(1), 1–5. https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/17881

Goldenfum, J. A. (2017). Principais elementos necessários para regulamentação da drenagem urbana. *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, 1–6. https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/173867/001060659.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Goldenfum, J. A., Gonçalves, L. S., & Souza, C. F. (2007). *Planejamento integrado de sistemas de drenagem urbana*. Universidade Federal de Alagoas.

Gonçalves, F. T., Nucci, J. C., & Valaski, S. (2014). Educação ambiental e o planejamento da paisagem. *Ambiente e Educação*, *19*(1), 77–95. https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/4049

Gonçalves, L. S., & Silva, C. R. (2020). Pandemia de COVID-19: Sobre o direito de lavar as mãos e o "novo" marco regulatório de saneamento básico. *Foz*, *3*(1), 70–91. https://revista.ivc.br/index.php/revistafoz/article/view/170

Gonçalves, N. M. S. (1992). *Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador/BA*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Repositório USP. https://repositorio.usp.br/item/000735517

GOOGLE EARTH (2021). São João del-Rei. Google. https://earth.google.com/web/@0,0,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r

GOOGLE EARTH (2022). São João del-Rei. Google. https://earth.google.com/web/search/S%c3%a3o+Jo%c3%a3o+del+rei/@-21.11604528,-44.24059662,895.62465852a,17363.50338131d,35y,0h,0t,0r/data=CnsaURJLCiMweGExY2U2NDE1YmEwYTc5OjB4ZDc3N2VjYTM3MGJhOGE3Nhkp2gu73iI1wCFQyZRq-iBGwCoSU8OjbyBKb8OjbyBkZWwgcmVpGAIgASImCiQJV05hbiyCM0ARVU5hbiyCM8AZOvF9-msnSUAhN_F9-msnScA

Goudie, A. S. (2016). The integration of human and physical geography revisited. *The Canadian Geographer*, *61*(1), 19–27. DOI: https://doi.org/10.1111/cag.12315

Gregatti, L. A. (2019). *Mapeamento dos assentamentos em área de risco em SJDR*. Google Earth. https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?hl=pt-BR&ll=-21.13510378932344%2C-44.23183557028668&z=17&mid=1mSQFYuWHn2t0jlbpSVY7hVgCJRU53H3X

Guasselli, L. A., Oliveira, G. G., & Saldanha, D. L. (2010). Espacialização e análise das inundações na bacia hidrográfica do rio Caí/RS. *Geociências*, *29*(3), 413–427. https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/5396

Guerra, A. J. T. (1993). *Dicionário geológico-geomorfológico* (8. ed.). IBGE.

Guerra, A. J. T. (2011). *Geomorfologia urbana*. Bertrand Brasil.

Guerra, A. J. T., & Marçal, M. S. (2006). *Geomorfologia ambiental*. Bertrand Brasil.

Guerreiro, M. R. (2000). A Lógica territorial na génese e formação das cidades brasileiras: O caso de Ouro Preto. *Urbanismo de Origem Portuguesa*, *3*, 2–15.

Guimarães, F. N. (1963). *O município de São João del-Rei aos 250 anos de sua criação: 1713 a 1963*. Tipografia Progresso.

Hack, J. T. (1973). Stream-profile analysis and stream-gradient indices. *Journal of Research of the U. S. Geological Survey*, *1*(4), 421–429. https://pubs.usgs.gov/publication/70161653

Heller, L., Lisboa, S. S., & Silveira, R. B. (2013). Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: A percepção dos gestores. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, *18*(4), 341–348. DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006

Herrmann, M. L. P. (Org.). (2005). *Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina*. IOESC.

HI7.Co. *Conversão hipotética dos Réis para o atual Real*. HI7.CO. http://moedas.hi7.co/conversao-hipotetica-dos-reis-para-o-atual-real--56c6b91669beb.html

Hiruma, S. T., & Ponçano, W. L. (1994). Densidade de drenagem e sua relação com fatores geomorfopedológicos na área do alto rio Pardo, SP e MG. *Revista do Instituto Geológico*, *15*(1), 49–57. DOI: https://doi.org/10.5935/0100-929X.19940005

Hogan, D. J., & Marandola Júnior, E. (2004). Natural hazards: O estudo geográfico dos riscos e perigos. *Ambiente & Sociedade*, *7*(2), 95–109. DOI: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2004000200006

Hogan, D. J., & Marandola Júnior, E. (2006). As dimensões da vulnerabilidade. *São Paulo em Perspectiva*, *20*(1), 33–43. http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_03.pdf

Hogan, D. J., & Marandola Júnior, E. (2009). Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: Implicações metodológicas de uma velha questão. *Revista Brasileira de Estudos da População*, *26*(2), 161–181. DOI: https://doi.org/10.1590/S0102-30982009000200002

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, *56*(3), 275–370. DOI: https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2

Ielo, E. M. (2015). *Estudo de vulnerabilidade à inundação no município de Ourinhos (SP)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Institucional UNESP. http://hdl.handle.net/11449/134257

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2009). *Manual técnico de geomorfologia* (2. ed.).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA(2010). *Censo Demográfico 2010: Agregado de Setores Censitários dos Resultados do Universo*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2017). *Produto Interno Bruto dos municípios*. https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?t=pib-pormunicipio&c=3162500

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA(2019). *Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: Primeira aproximação*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA(2020). *Geomorfologia 1:250.000*. IBGE. https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA2021). *IBGE Cidades*: *População estimada 2021*.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (2007). *Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios*. Ministério das Cidades.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (2021). *Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa*. BDMEP. https://bdmep.inmet.gov.br/

Isaltino, R. (17 maio 2019). Prefeitura de Limeira finaliza construção de sarjetão; melhoria atende antigo pedido da população. *Notícia de Limeira*. https://noticiadelimeira.com.br/2019/05/17/prefeitura-de-limeira-finaliza-construcao-de-sarjetao-melhoria-atende-antigo-pedido-da-populacao/

Istoé Ae. (30 abr. 2014). Desastres naturais atingiram mais de 40% dos municípios nos últimos 5 anos. *Istoé*. https://istoe.com.br/360637

Jacobi, P. R., & Sulaiman, S. N. (Orgs.). (2018). *Melhor prevenir: Olhares e saberes para a redução de risco de desastre*. USP.

Jankowski, P. L., & Moura, A. C. M. (2016). Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios – "Sensitivity analysis to suitability evaluation". *Revista Brasileira de Cartografia*, *68*(4), 665–684. DOI: https://doi.org/10.14393/rbcv68n4-44274

Janssen, R., & Rietveld, P. (1990). Multicriteria analysis and geographical information systems: An application to agricultural land use in the Netherlands. In Scholten, H. J., & Stillwell, J. C. H. (Orgs.), *Geographical information systems for urban and regional planning* (pp. 129–139). Springer.

Jatobá, S. U. S. (2011). Urbanização, meio ambiente e vulnerabilidade social. *Boletim Regional, Urbano e Ambiental*, *5*, 141–148. https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/5567

Joly, F. (2008). *A cartografia* (11. ed.). Papirus.

Jornal de Minas (12 jan. 1972). Chuvas causam grandes prejuízos. *Jornal de Minas*, *3*(43), 1.

Jornal de São João Del-Rey. (18 jan. 1986a). Lenheiro terá 80m demolidos. *Jornal de São João Del Rey*, *2*(2), 3.

Jornal de São João Del-Rey. (18 mar. 1987b). Canalização do Lenheiro avança 240m em 1 ano. *Jornal de São João Del Rey*, *2*(69), 1.

Jornal de São João Del-Rey. (2 out. 1987a). Palavra do leitor. *Jornal de São João del-Rei*, *3*(84), 2.

Jornal de São João Del-Rey. (22 mar. 1986b). Após resistir à dinamite, Lenheiro retoma martelo. *Jornal de São João Del Rey*, *2*(6), 1.

Jornal Lavoura e Comércio (23 jan. 1935). Doloroso desastre em São João del-Rei. *Jornal da Lavoura e Comércio*, *36*(6.842), 1. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=830461&pesq=%22S%C3%A3o%20Jo%C3%A3o%20d%27El%20Rey%22&pagfis=1173

Kobiyama, M., Mendonça, M., Moreno, D. A., Marcelino, I. P. V. O., Marcelino, E. V., Gonçalves, E. F., Brazetti, L. L. P., Goerl, R. F., Molleri, G. S. F., & Rudorff, F. M. (2006). *Prevenção de desastres naturais: Conceitos básicos*. Organic Trading.

Ladeira, F. S. B. (2012). A ação antrópica sobre os solos nos diferentes biomas brasileiros: Terras indígenas e solos urbanos. *Entre-Lugar*, *3*(6), 127–139. https://ojs.ufgd.edu.br/entre-lugar/article/view/2450

Laet, C. (1993). *Em Minas*. Globo.

Lajo, A. A. M. (2021). Geoprocessamento em áreas urbanas. In Paranhos Filho, A. C., Mioto, C. L., Pessi, D. D., Gamarra, R. M., Silva, N. M., Ribeiro, V. O., & Chaves, J. R. (Orgs.), *Geotecnologias em aplicações ambientais* (pp. 301–330). UNIEDUSUL.

Lamb, G. S. (2014). *Desenvolvimento e análise do desempenho de elementos de drenagem fabricados em concreto permeável*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Digital UFRGS. http://hdl.handle.net/10183/114985

Leão, I. A. C., Leão, V. P., & Souza, C. J. O. (2013). Enchentes na perspectiva da territorialização do espaço urbano de São João del-Rei MG. In Seabra, G. (Org.), *Qualidade de vida, mobilidade e segurança nas cidades* (pp. 37–47). UFPB.

Leite, J. F., & Montes, R. M. (2008). *A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos no cenário atual da Bacia do Córrego Vaca Brava Goiânia/GO*. Universidade Católica de Goiás.

Leite, M. A. F. P. (1994). *Construção ou desconstrução?* FAPESP.

Lemos, M. F. (2010). Planejamento urbano para enfrentamento de riscos ambientais, redução de vulnerabilidade sócio-climática e adaptação de cidades. *Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*, Rio de Janeiro, 1–17. https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq/simposios/161/161-800-1-SP.pdf

Levai, L. F. (2006). Crueldade consentida: Crítica à razão antropocêntrica. *Revista Brasileira de Direito Animal*, *1*(1), 171–190. DOI: https://doi.org/10.9771/rbda.v1i1.10246

Lima, J. P., Martins, C. M. T., Mendes, M. G. T., Abreu, J. M., Almeida, J. P. L., & Lima, I. P. (Orgs.), (2013). *Hidrologia urbana: Sistemas de drenagem de águas pluviais urbanas*. ERSAR.

Lima, V. (2013). *A sociedade e a natureza na paisagem urbana: Análise de indicadores para avaliar a qualidade ambiental*. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista]. Repositório Isntitucional UNESP. http://hdl.handle.net/11449/105077

Lopes, N. D. (2023). *Comparação de dois modelos empíricos para a classificação do grau de suscetibilidade a abatimento em áreas cársticas carbonáticas na Bacia do Rio Vieira, município de Montes Claros – MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais]. Repositório Institucional UFMG. http://hdl.handle.net/1843/58465

Lopes, R. C., & Souza, L. B. (2012). A questão das inundações em Palmas (TO), segundo a percepção de moradores e usuários: Contribuição ao processo preventivo por meio da educação ambiental. *Interface*, *5*, 35–48. https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/interface/article/view/369

Loschi, M. (5 jul. 2018). Desastres naturais: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos. *Agência IBGE*. https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/21633-desastres-naturais-59-4-dos-municipios-nao-tem-plano-de-gestao-de-riscos

Lourenço, L. F. (2006). Riscos naturais, antrópicos e mistos. *Territorium - Revista da Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança*, n.º *14*, ISSN: 0872-8941, Lousã, 109–113. DOI: https://doi.org/10.14195/1647-7723_14_11

Lourenço, R. (2014). *Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Coimbra]. Repositório Comum. http://hdl.handle.net/10400.26/14071

Lupinacci, C. M., Oliveira, R. C., & Souza, S. O. (2018). Mapeamento da declividade enquanto instrumento de planejamento do litoral norte paulista. *Simpósio Nacional de Geomorfologia*, Crato, 1–8. https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/9/9-5-546.html

Luz, R. A. (2014). *Mudanças geomorfológicas na planície fluvial do Rio Pinheiros, São Paulo (SP), ao longo do processo de urbanização*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/T.8.2014.tde-29062015-152030

Macedo, E. S. (2023). *Banco de dados de mortes por deslizamentos*. IPT.

Macedo, E. S., & Martins, P. P. D. (2015). Análise do banco de dados de mortes por deslizamentos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, Bento Gonçalves, 1–7.

Machado, E. G. (2010). *Planejamento urbano, democracia e participação popular: O caso da revisão do plano diretor de Fortaleza (2003-2008)*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará]. Repositório Institucional UFC. http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/1254

Machado, R. P. P. (2014). Os novos enfoques da geografia com o apoio das tecnologias da informação geográfica. *Revista do Departamento de Geografia*, *esp*, 203–241. DOI: https://doi.org/10.11606/rdg.v0i0.548

Macharg, M., & Harg, I. L. (1969). *Design with nature*. Natural History Press.

Magalhães Júnior, A. P., & Marques, C. P. M. (2014). Artificialização de cursos d'água urbanos e transferência de passivos ambientais entre territórios municipais: Reflexões a partir do caso do Ribeirão Arrudas, Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG. *Geografias*, *10*(2), 100–117. DOI: https://doi.org/10.35699/2237-549X..13386

Maldos, R. (2000). *Formação urbana da cidade de São João del-Rei*. São João del-Rei Transparente. https://saojoaodelreitransparente.com.br/works/view/605

Malheiros, A. L. (2018). *Plano diretor de drenagem urbana do município de Irati – PR: Produto 3 – Relatório de análise da drenagem urbana*. Prefeitura Municipal de Irati.

Marcondes, M. J. A. (1999). *Cidade e Natureza: Proteção dos mananciais e exclusão social*. EDUSP.

Marins, C. S., Souza, D. O., & Barros, M. S. (2009). O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais: Um estudo de caso. *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Porto Seguro, 1778–1788. http://www2.ic.uff.br/~emitacc/AMD/Artigo%204.pdf

Margarida, C. (2013). *Gestão de riscos de desastres*. Secretaria de Estado da Proteção e Defesa Civil de Santa Catarina.

Maricato, E. (1997). Brasil 2000: Qual planejamento urbano. *Cadernos IPPUR*, *11*(2), 113–130. https://erminiamaricato.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/12/cadernos-ippur.pdf

Maricato, E. (2000). As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias. In Arantes, O., Maricato, E., & Valner, C. (Org.), *A cidade do pensamento único: Desmanchando consensos* (pp. 121–192). Vozes.

Maricato, E. (2003). Metrópole, legislação e desigualdade. *Estudos Avançados*, *17*(48), 151–166. https://doi.org/10.1590/S0103-40142003000200013

Marques, A. M. S. (2012). *Planejamento urbano e meio-ambiente: Análise da dinâmica urbana do município de Barreirinhas – MA*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Maranhão]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações UFMA. https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/tede/41

Marques, C. E. B. (2006). *Proposta de método para a formulação de planos diretores de drenagem urbana*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília]. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/ClaudiaElisabeth.pdf

Martinelli, M. (1994). Cartografia ambiental: Uma cartografia diferente? *Revista do Departamento de Geografia*, *7*, 61–80. DOI: https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0007.0005

Martins, P. A. (2013). *Mapeamento das áreas suscetíveis a deslizamentos no perímetro urbano de Igrejinha-RS*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Institucional UFRGS. http://hdl.handle.net/10183/86449

Medeiros, C. S. (2019). *Vulnerabilidade dos sistemas de transporte em áreas de inundação: Uma mudança nos padrões de mobilidade e a busca pela adaptação às alterações climáticas*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório Universidade Nova. http://hdl.handle.net/10362/77690

Melo Filho, H., Feitosa, P. H. C., & Rocha, M. S. D. (2014). Análise dimensional do sistema de macrodrenagem de águas pluviais urbanas de Campina Grande-PB: Estudo de caso, canal das Piabas. *Encontro Nacional de Águas Urbanas*, São Paulo, 1–4. https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/6/PAP017752.pdf

Mello, L. F., Papali, M. A., & Zanetti, V. (2014). Brasil, éden desmoronado: Desastres naturais no Brasil contemporâneo. *Ambiente & Sociedade*, *17*(4), 95–116. DOI: https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC984V1742014

Melo, V. M. (2005). Dinâmica das paisagens de rios urbanos. *Encontro Nacional da ANPUR*, Salvador, 1–20. http://www.xienanpur.ufba.br/334.pdf

Memorial del-Rei. (23 mar. 2020). *A origem de São João del-Rei*. Memorial del-Rei. https://memorialdelrei.weebly.com/origem-satildeo-joatildeo-del-rei

Mendes, A. M., Shinzato, E., & Teixeira, W. G. (2010). Solos. In Adamy, A. (Org.), *Geodiversidade do estado de Rondônia: Programa Geologia do Brasil* (pp. 56–78). CPRM.

Mendes, F. (2002). Risco: Um conceito do passado que colonizou o presente. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, *20*(2), 53–62. http://hdl.handle.net/10362/100947

Mendes, J. M. (2015). *Sociologia do risco: Uma breve introdução e algumas lições*. Universidade de Coimbra.

Menegat, D. R. (2024). Áreas de risco*: Ocupações em planícies de inundação*. Ministério Público do Rio Grande do Sul.

Menezes, D. J. (2014). *Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria]. Repositório UFSM. http://repositorio.ufsm.br/handle/1/9420

Menezes, I. P. (2015). *Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa: São João del-Rei, MG*. CPRM.

Miguez, M. G., Rezende, O. M., & Veról, A. P. (2013). Manejo de águas urbanas e sua relação com o desenvolvimento urbano em bases sustentáveis integradas: Estudo de caso dos Rios Pilar-Calombé. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, *18*(2), 149–163. https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/98/2fe4d1ebe78edaed03edcad25072f7bc_43081e44641822b4a7532df8de0f01bb.pdf

Miguez, M. G., Rezende, O. M., & Veról, A. P. (2016). *Drenagem urbana: Do projeto tradicional à sustentabilidade*. Elsevier.

Minas Geraes (15 dez. 1893). Estudos sobre a várzea do Marçal. *Minas Geraes*, *2*(388), 3. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=291536&Pesq=%22S%c3%a3o%20Jo%c3%a3o%20del%20Rei%22&pagfis=3418

Miyazaki, V., & Whitacker, A. (2012). O estudo das formas da cidade no âmbito da Geografia Urbana: Apontamentos metodológicos. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, *2*, 307–327. DOI: http://dx.doi.org/10.17127/got/2012.2.013

Miyazawa, F. L., Takayama, C., & Yamasaki, W. (2009). *Exemplos de planos diretores de drenagem urbana*. Universidade de São Paulo.

Montanher, O. C., Morais, E. S., & Uema, D. Y. (2022). Álgebra de mapas em publicações da Revista Brasileira de Geomorfologia: Período entre 2001 e 2020. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, *23*(2), 1501–1511. DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v23i2.2196

Monteiro, J. B. (2016). *Desastres naturais no estado do Ceará: Uma análise de episódios pluviométricos extremos*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Ceará]. Repositório Institucional UFC. http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17661

Moraes, D. P. (1998). A percepção do meio ambiente: Contribuições ao estudo dos riscos ambientais. *Humanitas*, *2*(2), 87–104.

Moschini, L. E. (2008). *Zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do Médio Mogi-Guaçú Superior*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos]. Repositório Institucional UFScar. https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/1618

Mota, É. (2024). *Plano diretor de drenagem urbana de Porto Alegre*. ABCP.

Motta, S. R. F., & Moura, A. C. M. (2016). Modelagem paramétrica no planejamento da paisagem urbana: Potencial de implantação da computação evolucionária. In Moura, A. C. M. (Org.), *Tecnologias de geoinformação para representar e planejar o território urbano* (pp. 277–301). Interciência.

Motta, S. R. F., Moura, A. C. M., & Ribeiro, S. R. (2019). Dynamic models of multicriteria to combine variables: The use of parametric model and genetic algorithm in the study of the World Heritage area recognized by UNESCO in Pampulha, Brazil. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, *14*(1), 142–159. DOI: https://doi.org/10.11606/gtp.v14i1.148381

Moura, A. C. M. (2003). *Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano*. Ed. da Autora.

Moura, A. C. M. (2007). Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, 21–26.

Munis, L. (2017). *Grupo A antiga São João del-Rei*: São João del-Rei. Facebook. https://www.facebook.com/groups/antigasjdr/posts/1503804623028788

Muniz, S. S. (2014). *Desenvolvimento de metodologia para a elaboração de plano municipal de saneamento básico para municípios de pequeno porte da Zona da Mata mineira*. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Juiz de Fora]. UFJF. https://www2.ufjf.br/engsanitariaeambiental//files/2014/02/TFC-Samuel-Soares-Muniz1.pdf

Noce, C. M. (1988). Evolução estrutural da faixa setentrional do Grupo São João del-Rei, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, *8*(4), 398–405. http://bjg.siteoficial.ws/1988/n4/noce.pdf

Nucci, J. C. (Org.). (2010). *Planejamento da paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano: Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR*. UFPR.

Nunes, M. (26 set. 2016). Dimensionamento de sarjeta para drenagem superficial. *Portal do Projetista*. https://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-sarjeta-para-drenagem-superficial/

O Pharol. (18 jan. 1917). Temporal em São João del-Rey. *O Pharol*, *52*(15), 1. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=258822&Pesq=%22Lenheiro%22&pagfis=34966

O Resistente. (1 out. 1889b). Furacão. *O Resistente*, *5*(224), 2. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=221406&pesq=%22Lenheiro%22&pagfis=192

O Resistente. (19 jan. 1889a). As chuvas em São João Del-Rey. *O Resistente*, *4*(176), 1. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=221406&pesq=%22Lenheiro%22&pagfis=135

Ojeda, A. O. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico um planteamiento didáctico. *Lurralde*, *20*, 261–283. https://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur20/200oller/ollero20.htm

Oliveira, Z. G., Pina, S. C. T., & Torres, J. C. (2018). O planejamento urbano e o Plano Diretor: Um desafio para as cidades. *Ciência ET Praxis*, *11*(22), 43–48.

Ortigoza, S. A. G. (2010). *Paisagens do consumo: São Paulo, Lisboa, Dubai e Seul*. Cultura Acadêmica.

Passos, M. G., Facco, J., Oliveira Junior, S. F., Carasek, F. L., & Scheibe, L. F. (2018). Os rios na paisagem urbana: As modificações através do tempo em Chapecó, SC, Brasil. *Simpósio Internacional de História Ambiental e Migrações*, Florianópolis, 669–692. https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/200810

Pereira, G. C., & Silva, B. C. N. (2001). Geoprocessamento e urbanismo. In Gerardi, L. H. O., & Mendes, I. A. (Org.), *Teoria, técnicas, espaços e atividades: Temas de geografia contemporânea* (pp. 97–137). AGETEO.

Pereira, H. N. (2009). *Permanências e transformações nas cidades monumento: Teatro social e jogos de poder (São João del-Rei: 1937-1967)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia]. UFBA.

Pereira, L. S. (2011). *Ouro Preto e a estética do labirinto*. [Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica de Campinas]. Repositório Institucional PUC-Campinas. https://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/16278

Periçato, A. J. (2018). *Unidades geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Paraná: Potencialidades e fragilidades*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Maringá]. Repositório Institucional UEM. http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5356

Pfaltzgraff, P. A. S. (2007). *Mapa de suscetibilidade a deslizamentos na Região Metropolitana do Recife*. 2007. [Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco]. ATTENA. https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/6331

Piedade, A. (2009). *Modelação espacial em Sistemas de Informação Geográfica da susceptibilidade a deslizamentos na área de Lousa-Loures*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa]. Repositório Universidade Nova.

Pompêo, C. A. (2001). *Notas de aula em Sistemas Urbanos de Microdrenagem*. UFSC.

Ponte da Cadeia. (11 fev. 1967). Obras do Lenheiro prejudicam Tijuco. *Ponte da Cadeia*, *1*(36), 1.

Ponte da Cadeia. (19 dez. 1971). Obras de Mário Lombardi garantem serviço o DNOS. *Ponte da Cadeia*, *5*(229), 1. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=847550&Pesq=%22Chuva%22&pagfis=966

Ponte da Cadeia. (2 nov. 1969a).Chuva brava. *Ponte da Cadeia*, *3*(124), 1. http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=847550&Pesq=%22Chuva%22&pagfis=507

Ponte da Cadeia. (28 set. 1969d). Vereadores perguntam e ministério responde. *Ponte da Cadeia*, *3*(119), 3.

Ponte da Cadeia. (4 maio 1969c). Veja o que aconteceu: A firma faliu. *Ponte da Cadeia*, *2*(98), 1.

Ponte da Cadeia. (8 jun. 1969b). Nelson Lombardi quer o rio canalizado. *Ponte da Cadeia*, *3*(103), 1.

Pop News (2016). *Chuva*. Facebook. https://www.facebook.com/popnewsjdr2/photos/a.1022896907799050/1022896961132378

Pop News (2017). *A forte chuva que caiu no final da tarde, início da noite desta quarta-feira*. Facebook. https://www.facebook.com/popnewsjdr2/posts/1558034924285243

Pop News (2020). *Pop News informa: Mais imagens da chuva*. Facebook. https://www.facebook.com/popnewsjdr2/posts/3547927388629310

Pop News (2021). *Pop News informa: Vídeo mostra córrego transbordando*. Facebook. https://www.facebook.com/popnewsjdr2/videos/435429267902580/

Possa, E. M., & Ventorini, S. E. (2014). Expansão urbana para áreas de risco de inundação e de movimento de massa: O estudo no município de São João del-Rei - MG. *Caderno Prudentino de Geografia*, *2*, 49–67. https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/2619

Prates, V. (7 jan. 2022). 606 cidades de Minas estão sob alerta de chuvas intensas. *Estado de Minas*. https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2022/01/07/interna_gerais,1336032/606-cidades-de-minas-estao-sob-alerta-de-chuvas-intensas-veja-lista.shtml

Prette, M. E., & Ross, J. L. S. (1998). Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: Âncoras do planejamento e gestão ambiental. *Revista do Departamento de Geografia*, *12*(1), 89–121. DOI: https://doi.org/10.7154/RDG.1998.0012.0005

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (2007). *Relatório do Desenvolvimento Humano 2007/2008: Combater as mudanças climáticas: Solidariedade humana em um mundo dividido*. PNUD.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (2010). *São João del-Rei, MG*. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/316250

Projeto RadamBrasil (1983). *Levantamento dos Recursos Naturais 32: Folhas SF.23/24*. Ministério das Minas e Energia.

Rahmati, O., Darabi, H., Panahi, M., Kalantari, Z., Naghibi, S. A., Ferreira, C. S. S., Kornejady, A., Karimidastenaei, Z., Mohammadi, F., Stefanidis, S., Tien Bui, D., & Haghighi, A. T. (2020). Development of novel hybridized models for urban flood susceptibility mapping. *Scientific Reports*, *10*(1), 12937. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-69703-7

Rebelo, F. (2003). *Riscos naturais e acção antrópica: Estudos e reflexões*. Universidade de Coimbra.

Reckziegel, E. W. (2012). *Identificação e mapeamento das áreas com perigo de movimento em massa no município de Porto Alegre, RS*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Institucional UFRGS. http://hdl.handle.net/10183/38651

Reis Filho, N. G. (1999). A urbanização e o urbanismo na Região das Minas. *Cadernos de Pesquisa do LAP*, *30*, 6–34. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3260950/mod_resource/content/0/Reis%2C%20Nestor%20Goulart%20-%20A%20Urbaniza%C3%A7%C3%A3o%20e%20o%20Urbanismo%20na%20regi%C3%A3o%20das%20Minas..pdf

Reis Filho, N. G. (2001). *Evolução Urbana do Brasil – 1500/1710* (2. ed.). FAUUSP.

Reis, F. A. G. V. (2018). *Queda de blocos*. UNESP. http://www1.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/interacao/inter09e.html

Rezende, D. A., & Ultramari, C. (2007). Plano diretor e planejamento estratégico municipal: Introdução teórico-conceitual. *Revista de Administração Pública*, *41*(2), 255–272. DOI: https://doi.org/10.1590/S0034-76122007000200005

Riffel, E. S. (2012). *Análise e mapeamento de áreas suscetíveis a movimentos de massa na bacia hidrográfica do Rio Paranhana (RS)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Institucional UFRGS. http://hdl.handle.net/10183/60792

Riffel, E. S. (2017). *Metodologias para mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul]. Repositório Institucional UFRGS. http://hdl.handle.net/10183/171427

Risério, A. (2013). *A cidade no Brasil* (2. ed.). Ed. 34.

Robaina, L. E. S. (2008). Espaço urbano: Relação com os acidentes e desastres naturais no Brasil. *Ciência e Natura*, *30*(2), 93–105. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X9841

Rocha, J. C. (2008). Diálogo entre as categorias da geografia: Espaço, território e paisagem. *Caminhos de Geografia*, *9*(27), 128–142. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG92715724

Rocha, Y. T. (2008). Teoria geográfica da paisagem na análise de fragmentos de paisagens urbanas de Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro. *Formação*, *1*(15), 19–35. DOI: https://doi.org/10.33081/formacao.v1i15.733

Rosa, J. G. (1986). *Grande sertão veredas*. Nova Fronteira.

Rosa, R. (2013). *Introdução ao geoprocessamento.* UFU.

Rosa, T., Dutra, S. B., Negreiros, A. B., Pereira, G., & Cardoso, F. S. (2018). Modificações de uso e cobertura da terra no município de São João del-Rei - MG com ênfase para áreas de regeneração da cobertura vegetal. *Caminhos de Geografia*, *19*(66), 313–324. DOI: https://doi.org/10.14393/RCG196622

Saadi, A., & Valadão, R. C. (1990). Eventos tectono-sedimentares na bacia neo-cenozóica de Rio das Mortes. *Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia*, *11*, 81–99. http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/boletim-11-1-workshop.pdf

Sacramento, J. A. A. (1919). *Fotos antigas*. Pátria Mineira. https://patriamineira.com.br/fotos-antigas/

Sacramento, J. A. A. (2010). *Breves subsídios para a história do saneamento básico em S. João del-Rei*. Pátria Mineira. https://patriamineira.com.br/wp-content/uploads/2023/07/Breves-subsidios-para-a-historia-do-Saneamento-Basico-em-Sao-Joao-del-Rei-MG-Corrego-da-Agua-Limpa.pdf

Sampaio, T. V. M. (2012). Diretrizes e procedimentos metodológicos para a cartografia de síntese com atributos quantitativos via álgebra de mapas e análise multicritério. *Boletim de Geografia*, *30*(1), 121–131. DOI: https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i1.9701

Santos, Á. R. (2012). *Enchentes e deslizamentos: Causas e soluções*. Pini.

Santos, B. H. (2017). *A formação socioespacial de São João del-Rei/MG e o processo de regionalização do Campo das Vertentes*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei]. UFSJ. https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgeog/Bruno.pdf

Santos, J. F. A. (2015). A redução de vulnerabilidades como estratégia no enfrentamento de desastres. *Razón y Palabra*, *91*, 170–186. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199541387008

Santos, K. R. (2012). Inundações urbanas: Um passeio pela literatura. *Élisée*, *1*(1), 177–190. https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/585

Santos, M. (1988a). Espaço e sociedade no Brasil: A urbanização recente. *Geosul*, 3(5), 85–100. https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12685

Santos, M. (1988b). *Metamorfoses do espaço habitado: Fundamentos teórico e metodológico da geografia*. Hucitec.

Santos, M. (2008). *A natureza do espaço: Espaço e tempo, razão e emoção* (4. ed.). EDUSP.

Santos, T. G. (2017). *Modelagem como apoio ao planejamento urbano-ambiental e a redução de riscos na Bacia do Córrego do Lenheiro*. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de São João del-Rei]. UFSJ. https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/bdgc/FINAL_TCC_FINAL.pdf

Santos, T. G., & Ventorini, S. E. (2017). Mapeamento digital das áreas propícias às enchentes e inundações na bacia do Córrego do Lenheiro em São João del-Rei - MG. *Percursos*, *18*, 95–124. DOI: https://doi.org/10.5965/1984724618362017095

Santos, T. G., & Ventorini, S. E. (2018). Mapeamento de áreas suscetíveis aos desastres humanos de natureza na bacia do córrego do Lenheiro, Minas Gerais, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, *1*, 162–181. https://www.redalyc.org/journal/3477/347760307011/html/

São João del-Rei. (1990). *Lei No. 2.651, de 21 de dezembro de 1990*. (São João del-Rei)

São João del-Rei. (2006). *Lei No. 4.068, 13 de novembro de 2006*. (São João del-Rei)

São João del-Rei. (2008). *Lei No. 4.178, 4 de março de 2008*. (São João del-Rei)

São João del-Rei. (2010). *Plano local de habitação de interesse social*. Prefeitura Municipal de São João del-Rei.

São João del-Rei. (2013). *Plano de contingência de proteção e defesa civil de São João del-Rei*. Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil.

São João del-Rei. (2015a). *Plano de contingência de proteção e defesa civil de São João del-Rei*. Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil.

São João del-Rei. (2015b). *Base Planimétrica da cidade de São João del-Rei na escala de 1:2000*. Secretaria de Obras e Planejamento.

São João del-Rei. (2015c). *Decreto No. 6.323, de 22 de outubro de 2015*. (São João del-Rei)

São João del-Rei. (2016). *Decreto No. 6.705, de 3 de outubro de 2016*. (São João del-Rei)

Sartório, M. V. O. (2018). *Desnaturalização dos sistemas fluviais urbanos: O caso do Canal da Costa e do Canal Bigossi, Vila Velha (ES)*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo]. Repositório UFES. http://repositorio.ufes.br/handle/10/9347

Schlee, M. B., Nunes, M. J., Rego, A. Q., Rheingantz, P., Dias, M. A., & Tangari, V. R. (2009). Sistema de espaços livres nas cidades brasileiras: Um debate conceitual. *Paisagem e Ambiente*, *26*, 225–247. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i26p225-247

Serviço Geológico do Brasil. (2019). *CPRM defende relatório técnico sobre afundamento de solo em bairros de Maceió, em audiência na Câmara dos Deputados*. Serviço Geológico do Brasil. https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-temporarias/externas/56a-legislatura/afundamento-do-solo-em-bairros-de-maceio-al/apresentacoes-em-eventos/THALESSAMPAIO.pdf

Sevalho, G. (2017). O conceito de vulnerabilidade e a educação em saúde fundamentada em Paulo Freire. *Interface*, *22*(64), 177–188. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-57622016.0822

Silva, A. B. (1999). *Sistemas de informações georreferenciadas: Conceitos e fundamentos*. UNICAMP.

Silva, A. L. A. (2018). *Minha Casa... e a vida? Impactos socioespaciais a partir da análise de um empreendimento do Programa Minha Casa, Minha Vida em São João del-Rei, MG*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São João del-Rei]. UFSJ. https://ufsj.edu.br/portal-repositorio/File/ppgeog/Ana_Luiza_Aureliano.pdf

Silva, A. S. (2011). Solos urbanos. In Guerra, A. J. T. (Org.), *Geomorfologia urbana* (43–69). Bertrand Brasil.

Silva, C. A. (1994). Manejo integrado em microbacias hidrográficas. *Estudos Sociedade e Agricultura*, *3*, 182–188. https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/download/51/52/

Silva, G. C. O. (2017). *Uso de instrumentos da gestão do risco de cheias como ferramenta no planejamento urbano*. [Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Pantheon UFRJ. http://hdl.handle.net/11422/7333

Silva, J. A. (2006). *Direito urbanístico brasi*leiro (3. ed.). Malheiros.

Silva, J. X. (1992). Geoprocessamento e análise ambiental. *Revista Brasileira de Geografia*, *54*(3), 47–61. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1992_v54_n3.pdf

Silva, J. X. (2009). O que é geoprocessamento? *CREA-RJ*, *79*, 42–44.

Silva, R. P. (2014). *Urbanização de favelas e o direito à cidade: Referências de análise pela experiência da Vila DNOCS, no Distrito Federal*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília]. Repositório Institucional UnB. http://repositorio.unb.br/handle/10482/16655

Silveira, A. A. (1896). Estudo meteorológico relativo a São João del-Rei. *Boletim da Commissão Geographica de Minas Geraes*, *3*(4), 1–14.

Silveira, H. L. F., Valente, R. A., & Vettorazzi, C. A. (2014). Avaliação multicriterial no mapeamento da suscetibilidade de deslizamentos de terra. *Árvore*, *38*(6), 973–982. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000600002

Silveira, R. W. D., & Vitte, A. C. (2010). A paisagem em Alexander von Humboldt: Símbolo e linguagem no romantismo alemão de início do século XIX. *Caderno Prudentino de Geografia*, *32*(1), 5–22. https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/7466

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA. (2020). *Tabela 202: População residente, por sexo e situação do domicílio (São João del-Rei, 1980-2010)*. IBGE. https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/202

Smith, K. (1992). *Environmental hazards: Assessing risk & reducing disaster*. Routledge.

Sobreira, F. G., & Souza, L. A. (2012). Cartografia geotécnica aplicada ao planejamento urbano. *Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental*, *2*(1), 79-97. http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/8321

Sochava, V. B. (1977). *O estudo de geossistemas*. USP.

Soffiati, A. (2005). DNOS: Uma instituição mítica da República Brasileira. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, *7*(2), 61–76. DOI: https://doi.org/10.22296/2317-1529.2005v7n2p61

Sousa, H. C. A. (1943). As Bêtas e a cassiterita de São João del-Rei. *Revista Brasileira de Geografia*, *5*(2), 25–44.

Sousa, M. C. S. (2009). *As propostas metodológicas para a cartografia ambiental: Uma revisão*. [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/D.8.2009.tde-08022010-154331

Souza, C. G. (2011). *Caracterização ambiental e análise da estrutura da paisagem da Área de Proteção Ambiental de Coqueiral, Minas Gerais*. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras]. Repositório Institucional UFLA. http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1622

Souza, L. B., & Zanella, M. E. (2010). *Percepção de riscos ambientais: Teoria e aplicações*. UFC.

Souza, V. C. B. (2013). Gestão da drenagem urbana no Brasil: Desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, *1*(1), 57–72. DOI: https://doi.org/10.9771/gesta.v1i1.7105

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, *8*(6), 913–920. DOI: https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913

Sulaiman, S. N. (2014). *De que adianta? O papel da educação para a prevenção de desastres naturais*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/T.48.2014.tde-05022015-105746

Supercemento. (2022). *Sistema de drenagem pluvial na cidade de Vila María*. Supercemento. https://www.superdyop.com.ar/pt/obras-publicas/hidraulicas/desagues-pluviales-y-riego.html

Targa, M. S., Batista, G. T., Diniz, H. N., Dias, N. W., & Matos, F. C. (2012). Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, *7*(2), 120–142. DOI: https://doi.org/10.4136/ambi-agua.905

Tetracon. (2019). *Meio-fio de concreto pré-moldado e in-loco*. Tetracon. https://tetraconind.com.br/blog/meio-fio-de-concreto-pre-moldado-e-in-loco/

Thill, J. C. (2019). *Spatial multicriteria decision making and analysis: A geographic information sciences approach*. Routledge.

Tominaga, L. K. (2007). *Avaliação de metodologias de análise de risco a escorregamentos: Aplicação de um ensaio em Ubatuba, SP*. [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital USP. DOI: https://doi.org/10.11606/T.8.2007.tde-18102007-155204

Tomlin, C. D. (1990). *Geographic information systems and cartographic modeling*. Prentice Hall.

Tomlin, C. D. (1994). Map algebra: One perspective. *Landscape and urban planning*, *30*, 3–12. DOI: https://doi.org/10.1016/0169-2046(94)90063-9

TRIBUNA SANJOANENSE (12 ago. 1997). Palavra do leitor. *Tribuna Sanjoanense*, *28*(900), 1.

TRIBUNA SANJOANENSE (13 set. 1991). Córrego do Lenheiro. *Tribuna Sanjoanense*, *23*(637), 3.

TRIBUNA SANJOANENSE (21 jan. 1978b). DNOS estuda enchentes do Tejuco. *Tribuna Sanjoanense*, *10*(213), 1.

TRIBUNA SANJOANENSE (21 mar. 1995). Canalização do Córrego do Lenheiro. *Tribuna Sanjoanense*, *27*(769), 1.

TRIBUNA SANJOANENSE (22 jun. 1999). DAMAE investe em ampliação do abastecimento de água na cidade. *Tribuna Sanjoanense*, *30*(984), 3.

TRIBUNA SANJOANENSE (20 jan. 1978a). Enchentes causam prejuízos. *Tribuna Sanjoanense*, *9*(202), 1.

TRIBUNA SANJOANENSE (21 jan. 1983). Insistentes chuvas causam greves e prejuízos. *Tribuna Sanjoanense*, *14*(402), 1.

Tribuna Sanjoanense (21 jul. 1978c). Obras no córrego do Lenheiro. *Tribuna Sanjoanense*, *10*(224), 1.

TRIBUNA SANJOANENSE (25 fev. 1992). DAMAE: Danos superam 140 milhões. *Tribuna Sanjoanense*, *23*(662), 1.

Tricart, J. (1992). Dangers et risques naturel sett et technologiques. *Annals of Géographie*, *101*(565), 257–288.

Tucci, C. E. M. (1993). Controle de enchentes. In Tucci, C. E. M. (Org.), *Hidrologia: Ciência e aplicação* (pp. 621–658). ABRH.

Tucci, C. E. M. (2005). *Gestão de águas pluviais urbanas*. Ministério das Cidades.

Tucci, C. E. M. (2009). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. ABRH.

Tucci, C. E. M. (2013). *Curso de Gestão de Águas Pluviais: Plano diretor de drenagem urbana*. Ministério das Cidades.

Ugeda Júnior, J. C. (2014). Planejamento da paisagem e planejamento urbano: Reflexões sobre a urbanização brasileira. *Revista Mato-Grossense de Geografia*, *17*(1), 101–116. Disponível em: https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geografia/article/view/764

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (2004). *Reducing disaster risk: A challenge for development*. UNDP.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (2013). *Mapa de solos do estado de Minas Gerais (1:650.000)*. Centro de Ciências Agrárias. https://www.dps.ufv.br/?page_id=742

Valêncio, N. (2014). Desastre como prática sociopolítica de solapamento da segurança humana. In Carmo, R., & Valêncio, N. (Orgs.), *Segurança humana no contexto dos desastres* (15–44). RiMa.

Vasconcelos, B. L. V. (2018). *Identificação de área inundável na região oeste da cidade de Belo Horizonte/MG através de técnicas de Geoprocessamento*. [Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná]. Acervo Digital UFPR. https://hdl.handle.net/1884/58709

Vasconcelos, P. A. (1999). A cidade, o urbano, o lugar. *GEO*USP, *3*(2), 11–15. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.1999.123359

Ventorini, S. E., & Zacharias, A. A. (2021). A cartografia de síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. *Geografia*, *22*(3), 120–157. https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/12022del-Rei

Veyret, Y. (2015). *Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente*. Contexto.

Vianini, A. (2020). *Alagamentos em SJDR são resultados de mau planejamento, asfalto e mudanças climáticas*. Mais Vertentes. https://www.maisvertentes.com.br/noticia/402/alagamentos-em-sjdr-e-resultado-de-mau-planejamento-asfalto-e-mudancas-climaticas

Villaça, F. (1996). Uma contribuição para a história do planejamento no Brasil. In Deák, C., & Schiffer, S. R. *O processo de urbanização no Brasil* (169–243). EDUSP.

Villaça, F. (1999). Dilemas do plano diretor. In Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal (Org.), *O município no século XXI: Cenários e perspectivas* (pp. 237–247). CEPAM.

Villaça, F. (2004). Uma contribuição para a história do planejamento no Brasil. In Deák, C., & Schiffer, S. R. *O processo de urbanização no Brasil* (pp. 169–244). EDUSP.

Yin, R. K. (2001). *Estudo de caso: Planejamento e métodos* (2. ed.). Bookman.

Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods* (4. ed.). Sage Publications.

Zacharias, A. A. (2010). *A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental*. UNESP.

Zacharias, A. A. (2023). A cartografia de síntese na análise ambiental: Os caminhos metodológicos, a integração de dados e suas aplicações pela geografia física brasileira. In Leite, E. F., & Silva, C. A. (Orgs.), *Cartografia & geotecnologias*. Dourados.

Zacharias, A. A., Teixeira, A. L., Ventorini, S. E., Ferreira, A. B. R., & Santos, T. G. (2021). A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. *Revista do Departamento de Geografia*, *41*, 1–16. DOI: https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.177185

Zêzere, J. L., Rodrigues, M. L., Reis, E., Garcia, R., Oliveira, S., Vieira, G., & Ferreira, A. B. (2004). Spatial and temporal data management for the probabilistic landslide hazard assessment considering landslide typology. *International Symposium on Landslides*, Rio de Janeiro, 117–125. Disponível em: http://hdl.handle.net/10451/39433

Índice de Figuras

1 – Exemplo de risco ambiental 28
2 – Perfil esquemático do processo de enchente e inundação 34
3 – Corrida de detritos 41
4 – Queda de blocos 42
5 – Subsidência ou colapso 43
6 – Rastejamento 43
7 – Tipos de deslizamento 44
8 – Normalização dos valores 55
9 – Coincidência espacial: sobreposição de planos de informação de mesma resolução 55
10 – Localização da cidade de São João del-Rei/MG 76
11 – Histórico e expansão urbana de São João del-Rei 78
12 – Embasamento da Formação Tiradentes em São João del Rei 82
13 – Geologia da cidade de São João del-Rei na escala de 1:50.000 83
14 – Vista de São João del-Rei, Aquarela de Rugendas, 1824 84
15 – Unidades geomorfológicas de São João del-Rei na escala de 1:250.000 86
16 – Mapa de Solos da cidade de São João del-Rei na escala de 1:650.000 88
17 – Localização da Bacia do Rio das Mortes 90
18 – Hidrografia da cidade de São João del-Rei 91
19 – Bacia do Ribeirão Água Limpa e Microbacia do Córrego do Lenheiro 92
20 – Histórico de precipitações e temperaturas em São João del-Rei entre os anos de 1931 e 1990 93
21 - Linha do tempo de registros de inundações em São João del-Rei 103
22 - Correnteza causou estragos 104
23 - "Furacão" 105
24 - Temporal em São João del-Rei 106
25 - Desastre em São João del-Rei 106
26 - Registro da Estação Fluviométrica do Córrego do Lenheiro 107
27 - Chuva brava 108
28 - Enchentes no Córrego do Lenheiro 108
29 - Chuvas causam grandes prejuízos 109
30 - Enchentes causam prejuízos 110
31 - Áreas indicadas na Figura 30 111
32 - Insistentes chuvas causam graves prejuízos 112

33 - Inundação em 1999 113
34 - Chuva traz prejuízos e assusta população 113
35 - Chuva derruba casas e deixa centenas sem teto 114
36 - Chuva rápida causou enchente e estragos 115
37 - Chuva ocasiona inundações e desabamentos 117
38 - Chuvas inundam ruas na Colônia do Marçal 119
39 - Esquema ilustrativo do relevo e estrutura viária da Colônia do Marçal 119
40 - Chuvas causam prejuízos e morte 120
41- Esquema ilustrativo do relevo e estrutura viária da Avenida Leite de Castro ... 126
42 - Mapa de localização dos canais fluviais e pontos de referência descritos na seção 4.2 143
43 - Esclarecimento sobre as obras do Lenheiro 139
44 - A falência da empreiteira 139
45 - Vereadores perguntam e ministério responde 140
46 - Obras no Córrego do Lenheiro 141
47 - Lenheiro terá 80 m demolidos 142
48 - Demolição da canalização 143
49 - Ampliação das obras de canalização do Córrego do Lenheiro, 1995 145
50 - Síntese do histórico de canalização 147
51 - Mapa de modificação da paisagem fluvial da foz do Ribeirão Água Limpa ... 153
52 - Planta da Várzea do Marçal, 1893 154
53 - Possível desvio do Ribeirão Água Limpa e Rio das Mortes 155
54 - Fluxograma: síntese metodológica empregada 162
55 - Macrozoneamento municipal de São João del-Rei 166
56 - Microzoneamento de São João del-Rei e localização dos loteamentos 167
57 - Áreas de risco, vazios urbanos, APNC e APC de São João del-Rei 171
58 - Disposição dos Vazios Urbanos de São João del-Rei 172
59 - Croqui do parque urbano proposto pela Fundação João Pinheiro 176
60 - Área de estudo para o desenvolvimento do estudo proposto no Capítulo 6 ... 186
61 - Fluxograma e síntese metodológica 188
62 - Triangular Irregular Networks (TIN) 189
63 - Raster: Modelo Numérico de Terreno (Mapa de Hipsometria de São João del-Rei) 190
64 - Mapa de declividade de São João del-Rei 192
65 - Composição do Modelo de Suscetibilidade à Inundação 196
66 - Composição do Modelo de Suscetibilidade a movimentos em massa 197

67 - Fluxograma síntese da classificação do UCT 198
68 - Composição dos Modelos de Perigo 199
69 - Validação das áreas de suscetibilidade em campo (Avenza Systems) 201
70 - Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais em massa 205
71 - Carta de suscetibilidade à inundação 206
72 - Geometria urbana e relevo da Colônia do Marçal 209
73 - Composição do risco 209
74 - Mapa de Perigo de inundação 210
75 - Mapa de Perigo de movimentação em massa 210
76 - Mapa de Vulnerabilidade da cidade de São João del-Rei 211
77 - Mapa de Risco de inundação 212
78 - Mapa de Risco de movimentação em massa 212

Índice de Fotografias

1 - Ruas Antônio Rocha e Hermílio Alves, São João del-Rei 103
2 - Rua Arthur Bernardes, antiga Rua Moreira César 104
3 - Enchente de 1919 e cenário atual 106
4 - Enchente de 1983 110
5 - Entulho e casas que causam obstrução do canal fluvial 112
6 - Imediações da rodoviária de São João del-Rei 115
7 - Alagamento no Matosinhos 116
8 - Alagamento na Avenida Leite de Castro, cruzamento com a Rua Frei Cândidos 116
9 - Rachaduras na calçada e muretass 117
10 - Situação atual do locals 118
11 - Inundação no Tejucos 121
12 - Ventania e inundaçãos 121
13 - Ponte do Bezerrão (via de ligação entre a Avenida Leite de Castro e a Colônia do Marçal), 2012 122
14 - Enxurradas na Avenida Luiz Giarola 123
15 - Nível elevado do Lenheiro na altura do Tejuco 124
16 - Vila Nossa Senhora de Fátima 124

17 - Escola Garcia de Lima 124
18 - Rua Joaquim Timóteo 124
19 - Avenida Leite de Castro 125
20 - Avenida Leite de Castro 125
21 - Avenida Luiz Giarola 125
22 - Inundações e alagamentos de 13 de fevereiro de 2020 126
23 - Transbordamento do Rio das Mortes 127
24 - Alagamento na Travessa Lopes Bahia - região central de São João del-Rei ... 127
25 - Alagamento na Avenida Eduardo Magalhães - região central de São João del-Rei ... 127
26 - Rua General Osório 128
27 - São João del-Rei, 1921 137
28 - Cachoeira do Córrego do Lenheiro (natural na fotografia em preto e branco e atualmente concretado) 137
29 - Córrego do Lenheiro nas imediações da Estação Ferroviária – Década de 1980 144
30 - Final do trecho canalizado do Córrego do Lenheiro 144
31 - Canalização do Córrego do Lenheiro no bairro Tejuco, Rua Rossini Bacarini, 1990 145
32 - Trecho canalizado do Córrego do Lenheiro entre ruas Antônio Josino de Andrade e Aldo Zerlotine, 1995/2021 146
33 - Confluência do Córrego do Lenheiro com o Ribeirão Água Limpa, 2021 ... 147
34 - Diferença volumétrica, energética e efeito remanso do Água Limpa sobre o Lenheiro 148
35 - Córrego do Morro das Bêtas em 1930 e 2021 149
36 - Casa sobre o Córrego da Caieira 149
37 - Córrego da Voçoroca do Dom Bosco 150
38 - Córrego da Voçoroca do Dom Bosco canalizado sob a Avenida Leite de Castro 150
39 - Córrego Dom Bosco 151
40 - Possível desembocadura do Córrego do Dom Bosco 151
41 - Córrego do Segredo..... 152
42 - Ponte da Misericórdia 152
43 - Vale colmatado do Ribeirão Água Limpa 155
44 - Conversão de ZPP em loteamento urbano (Campana del-Vento) 169
45 - Voçorocas no entorno dos Vazios Urbanos 173
46 - Comportas protetoras de inundação/alagamento 208

Índide de QUADROS

I – Classificação do grau dos desastres segundo o Glossário da Defesa Civil 32
II – Condicionantes naturais e antrópicos que propiciam a ocorrência das enchentes, alagamentos e inundações 35
III – Elementos que compõem a drenagem urbana 39
IV – Componentes da vulnerabilidade e relação com a exposição ao perigo 202
V – Síntese dos procedimentos que compuseram o risco 203

Índide de TABELAS

I – Suscetibilidade litológica a processos de deslizamento 82
II – Relação entre bairros e densidade demográfica 94
III – Reclassificação da hipsometria 191

ÍNDICE

Dedicatória 5
Agradecimentos 6
Prefácio 7
Apresentação 11

CAPÍTULO 1 - DEFINIÇÕES E CONCEITOS ASSOCIADOS AO RISCO E AOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO 17
1.1 Os elementos do risco e o desastre 19
1.1.1 Perigo 19
1.1.2 Suscetibilidade 22
1.1.3 Vulnerabilidade 23
1.1.4 Risco: etimologia e conceituação 25
1.1.4.1 Tipologias de riscos 27
1.1.5 Desastres 30

1.2 Enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos em áreas urbanas 33
1.2.1 Sistema de drenagem 37

1.3 Deslizamentos em ambientes urbanos 41

1.4 Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações e movimentos em massa 46
1.4.1 A importância das técnicas de análise espacial na gestão e prevenção do risco: a aplicabilidade do geoprocessamento 49
1.4.1.1 Álgebra de mapas e análise multicritério 52

1.5 A paisagem como instrumento de planejamento e gestão 56
1.5.1 Planejamento da paisagem 56
1.5.2 Algumas considerações acerca do planejamento urbano no Brasil 60

1.6 Instrumentos políticos de planejamento da paisagem urbana, prevenção de riscos e desastres 62
1.6.1 Plano Diretor Municipal 63
1.6.1.1 Plano Diretor de Drenagem Urbanal 65
1.6.2 Plano Municipal de Saneamento Básicol 67
1.6.3 Plano de Contingência, Proteção e Defesa Civill 70

1.7 Considerações gerais 71

CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE SÃO JOÃO DEL-REI 73
2.1 Localização da área de estudo 75
2.2 Histórico de urbanização 76
2.3 Geologia 80
2.4 Geomorfologia 84
2.5 Solos 87
2.6 Hidrografia 89
2.7 Clima 93
2.8 Sociedade e economia 94
2.9 Considerações gerais 95

CAPÍTULO 3 - LEVANTAMENTO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO DOS EVENTOS DE INUNDAÇÃO E MOVIMENTOS EM MASSA NA CIDADE DE SÃO JOÃO DEL-REI NO PERÍODO DE 1774 A 2021 97
3.1 O inventário secular das inundações e dos movimentos em massa na cidade de São João Del-Rei 101
3.2 Considerações gerais 129

CAPÍTULO 4 - AS MODIFICAÇÕES ANTRÓPICAS NA PAISAGEM FLUVIAL DA CIDADE SÃO JOÃO DEL-REI 131
4.1 As modificações antrópicas na paisagem fluvial de Dão João Del-Rei 134
4.2 Considerações gerais 156

CAPÍTULO 5 - A QUESTÃO DA SUSCETIBILIDADE E RISCO DE INUNDAÇÕES E MOVIMENTOS EM MASSA NOS INSTRUMENTOS POLÍTICOS DE PLANEJAMENTO URBANO DE SÃO JOÃO DEL-REI: UMA ANÁLISE CRÍTICA 159
5.1 Os instrumentos políticos de planejamento urbano de São João Del-Rei e a temática risco 162
5.2 Considerações gerais 177

CAPÍTULO 6 - PROPOSTA METODOLÓGICA PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO EM AMBIENTES URBANOS A PARTIR DA ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO RELEVO 181

6.1 Materiais 185

6.2 Métodos 187
6.2.1 Modelo de Suscetibilidade 187
6.2.1.1 Elaboração do Modelo Numérico de Terreno 188
6.2.1.2 Elaboração da Base Hipsométrica 189
6.2.1.3 Elaboração da Base de Declividade 191
6.2.1.4 Índice de Concentração da Rugosidade 192
6.2.1.5 Índice de Hack 193
6.2.1.6 Densidade de Drenagem 194
6.2.1.7 Álgebra de Mapas 195
6.2.2 Modelo de Perigo 197
6.3.2.1 Trabalhos de campo 199
6.3.2.2 Validação dos modelos de inundação e movimentação em massa ... 200
6.2.3 Base e Modelo de Vulnerabilidade 201
6.2.4 Modelo de Risco 203

6.3 A identificação de áreas de suscetibilidade, perigo e risco em ambientes urbanos a partir da análise morfométrica: resultados e discussões 203
6.4 Considerações gerais 213

Conclusão 215

Referências bibliográficas 219

RISCOS

ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA