



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA



Pedro Queiroz Mattos

**O FENÔMENO DA EXPANSÃO URBANA E O
CONFLITO COM AS ÁREAS DE EROSÃO HÍDRICA:
O CASO DO DISTRITO DE CACHOEIRA DO CAMPO,
EM OURO PRETO, MG.**

Ouro Preto

2026

Pedro Queiroz Mattos

O FENÔMENO DA EXPANSÃO URBANA E O CONFLITO COM
AS ÁREAS DE EROSÃO HÍDRICA: O CASO DO DISTRITO
DE CACHOEIRA DO CAMPO, EM OURO PRETO, MG.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Urbana da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Urbanista.

Orientador: Prof. Dr.Sc. Yuri Abreu Queiroz

Coorientadora: Prof^ª. Ma. Laís Carvalho Faria
Lima Lopes

OURO PRETO

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M444o Mattos, Pedro Queiroz.

O fenômeno da expansão urbana e o conflito com as áreas de erosão hídrica [manuscrito]: o caso do distrito de Cachoeira do Campo, em Ouro Preto, MG.. / Pedro Queiroz Mattos. - 2026.

84 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Yuri Abreu Queiroz.

Coorientadora: Profa. Ma. Laís Carvalho Lopes.

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

1. Planejamento urbano. 2. Crescimento urbano. 3. Sistemas de informação geográfica. 4. Voçorocas. I. Queiroz, Yuri Abreu. II. Lopes, Laís Carvalho. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - CRB6/2322



FOLHA DE APROVAÇÃO

Pedro Queiroz Mattos

O fenômeno da expansão urbana e o conflito com as áreas de erosão hídrica: o caso do distrito de Cachoeira do Campo, em Ouro Preto, MG.

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbanista

Aprovada em 22 de julho de 2026

Membros da banca

[Doutor] - Yuri Queiroz Abreu Torres - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Mestre] - Laís de Carvalho Faria Lima Lopes - Coorientadora
[Doutora] - Marina Neves Merlo - Avaliadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Mestre] - Anderson José de Castro Agostinho - Avaliador externo (Prefeitura Municipal de Ouro Preto)

[Yuri Queiroz Abreu Torres], orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/08/2026



Documento assinado eletronicamente por **Yuri Queiroz Abreu Torres, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/08/2026, às 13:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1145859** e o código CRC **BB919D66**.

Á minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família e aos meus amigos pelo apoio. Agradeço ao professor e orientador Yuri Queiroz por compartilhar seus conhecimentos de forma atenciosa. Também agradeço a minha co-orientadora Laís Carvalho e a professora Marina Neves pelo apoio durante a realização do trabalho.

Também agradeço a professora Aline Araújo, a professora Barbara Abreu e todos professores(a) do departamento de Engenharia Urbana pelos ensinamentos durante o período academico até a conclusão do curso.

RESUMO

O distrito de Cachoeira do Campo, em Ouro Preto (MG), tem registrado acelerado crescimento demográfico e expansão urbana nas últimas décadas, impulsionados pelas limitações físicas à ocupação da sede municipal e pelas diretrizes do planejamento voltadas à consolidação dos distritos. Embora esse processo favoreça o desenvolvimento local, também intensifica a ocupação de áreas suscetíveis à erosão hídrica, especialmente à formação de voçorocas, fenômeno de grande potencial destrutivo que compromete infraestruturas, patrimônio, atividades econômicas e a segurança da população. Diante desse contexto, este trabalho objetiva compreender o fenômeno da expansão urbana do distrito, identificando áreas com maior potencial para futuros parcelamentos do solo e sua relação com a suscetibilidade à ocorrência de voçorocas. Para isso, são realizadas, a partir de revisão bibliográfica e análise histórica da urbanização, uma modelagem espacial em ambiente SIG, utilizando o software QGIS e o método de Análise Hierárquica de Processos (AHP), produzindo cenários prospectivos de expansão urbana e subsidiar diretrizes para o planejamento territorial, contribuindo para uma ocupação urbana mais segura e ambientalmente sustentável.

Palavras-chaves: Planejamento urbano, Expansão Urbana, Voçorocas, Geoprocessamento.

ABSTRACT

The district of Cachoeira do Campo, in Ouro Preto (MG), has recorded accelerated demographic growth and urban expansion in recent decades, driven by physical limitations to the occupation of the municipal seat and by planning guidelines aimed at consolidating the districts. Although this process promotes local development, it also intensifies the occupation of areas susceptible to water erosion, especially gully formation—a phenomenon of great destructive potential that compromises infrastructure, heritage, economic activities, and the safety of the population. Given this context, this study aims to understand the phenomenon of urban expansion in the district, identifying areas with the highest potential for future land subdivisions and their relationship with susceptibility to the occurrence of gullies. To this end, based on a literature review and historical analysis of urbanization, spatial modeling is carried out in a GIS environment using the QGIS software and the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, producing prospective urban expansion scenarios to support territorial planning guidelines, thereby contributing to a safer and more environmentally sustainable urban occupation.

Keywords: Urban planning, Urban expansion, Gullies, Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. A) Limite do estado de Minas Gerais com ênfase na capital Belo Horizonte; B) Limite do Município de Ouro Preto, Distritos e Cachoeira do Campo.	8
Figura 2: Registro Cartográfico do Município de Ouro Preto: Distrito de Cachoeira do Campo (1939) com ênfase a localização da Igreja Nossa Senhora de Nazaré.	10
Figura 3: Mapa de Perímetros Urbanos do Município de Ouro Preto – 1996.....	13
Figura 4: Mapa de Polarização do Município de Ouro Preto - 1996.....	14
Figura 5: Mapa de perímetros urbanos e expansão urbana do município de Ouro Preto, definidos pela revisão do Plano Diretor Municipal de 2010.....	16
Figura 6: Mapa de formações de grupos e complexos de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG.....	17
Figura 7: Mapa pedológico do distrito de Cachoeira do Campo, Ouro Preto – MG... ..	19
Figura 8: Mapa de vegetação do distrito de Cachoeira do Campo, Ouro Preto - MG.	20
Figura 9 : Análise de integridade de vias.	25
Figura 10: Imagem 3D comparativa da forma de relevo do distrito Sede (primeiro mapa) e do distrito de Cachoeira do Campo (segundo mapa).	28
Figura 11: Registro de campo em Cachoeira do Campo, Ouro Preto - MG evidenciando diferentes feições erosivas e suas relações com o entorno.	33
Figura 12: Comparação entre o zoneamento antigo (mapa A) e o zoneamento proposto (mapa B) para o território de Cachoeira do Campo.....	42
Figura 13: Fluxograma metodológico.	48

Figura 14: Mapa de análise histórica e visual da relação de novos parcelamentos com as variáveis escolhidas para o procedimento da AHP (A - imagem de satélite de 2011; B - imagem de satélite 2026).....	50
Figura 15: Mapa de análise da declividade como vetor para novos parcelamentos.	52
Figura 16: Mapa de camadas reclassificadas de acordo com as notas atribuídas na metodologia.....	61
Figura 17: Mapa de camadas restritivas baseadas no Anexo A.....	62
Figura 18: A) Mapa de potencialidade a novos parcelamentos; B) Mapa de potencialidade a novos parcelamentos com as áreas de restrições legais ao parcelamento.....	64
Figura 19: Representação da simbologia adotada: Foi realizado uma filtragem da simbologia original (Mapa A) da classe muito alta para interpretação dos resultados.	67
Figura 20: Mapa de análise de riscos ao desencadeamento de processos erosivos severos.....	68
Figura 21: Mapa para análise de riscos (detalhado): Relação entre áreas possivelmente estáveis em adjacência a áreas de risco que tendem ao voçorocamento e suas respectivas zonas propostas.	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Escala Saaty de importância.....	37
Quadro 2: Matriz de variáveis.....	37
Quadro 3: Valores de Índice Aleatório (IR).....	39
Quadro 4: Tabela de escala de importância das variáveis.....	54
Quadro 5: Valores calculados de AW e lambda máximo.	56
Quadro 6: Valores calculados para obtenção do RC.	56
Quadro 7: Escala de reclassificação das variáveis.	57
Quadro 8: Quadro de camadas restritivas.....	59
Quadro 9: Relação de TO e TP por zona e condição de risco: A linha em vermelho representa a zona que precisa de maior atenção.	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparação da variação de área entre a antigo e a nova proposta de zoneamento a partir dos dados do IDE - OP.....	44
Tabela 2: Comparação da variação das taxas de TO e TP entre o antigo e o novo zoneamento no distrito de Cachoeira do Campo.	45
Tabela 3: Tabela de análise das classes de declividade.....	53
Tabela 4: Matriz de correlação.....	55
Tabela 5: Tabela da matriz de pesos.	55

LISTA DE SIGLAS

APM - Arquivo Público Mineiro

APP - Área de Preservação Permanente

CMOP - Câmara Municipal de Ouro Preto

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Índice de Consistência

IDE-OP – Infraestrutura de Dados Espaciais de Ouro Preto

IEF-MG - Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais

IEPHA - Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

IR – Índice Aleatório

km² - Quilômetro Quadrado

LO - Lei Orgânica

MDE – Modelo Digital de Elevação

MG - Minas Gerais

OP - Ouro Preto

PMOP - Prefeitura Municipal de Ouro Preto

PNPDEC – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil

QGIS – Quantum GIS

RC – Razão de Consistência

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SRTM – Shuttle Radar Topography Mission

SVOP - Secretaria de Viação e Obras Públicas

TO – Taxa de Ocupação

TP – Taxa de Permeabilidade

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

UFOP - Universidade Federal de Ouro Preto

ZA – Zona de Adensamento

ZAC – Zona de Adensamento Controlado

ZAR – Zona de Adensamento Restrito

ZDE – Zona de Desenvolvimento Econômico

ZEIS – Zona Especial de Interesse Social

ZIE – Zona de Intervenção Especial

ZIM – Zona Industrial e de Mineração

ZPAM – Zona de Proteção Ambiental

ZPE – Zona de Proteção Especial

ZUE – Zona de Uso Especial

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Objetivo.....	3
1.1.1	Objetivos Específicos	3
1.2	Justificativa	4
2	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	7
2.1	Localização	7
2.2	Contexto histórico de urbanização do distrito.	9
2.3	Histórico da urbanização do distrito: uma análise legal.	11
2.4	Caracterização do meio físico.....	16
2.5	Assoreamento da bacia do rio Maracujá.....	20
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
3.1	Plano diretor como instrumento de planejamento urbano.....	22
3.1.1	Zoneamento urbano	23
3.2	Fatores históricos e legislativos condicionantes a urbanização	24
3.2.1	Eixo viário.....	24
3.2.2	Declividade.....	26
3.3	Formas e padrões de expansão urbana associado a impactos ambientais	29
3.4	Voçorocas ou processos erosivos acelerados	30
3.4.1	Fatores condicionantes	34
3.5	Planejamento e controle frente ao evento das voçorocas através de ferramentas de georreferenciamento.....	35

3.5.1	Análise Hierárquica de Processos.....	36
4	CONDICIONANTES LEGAIS DO PARCELAMENTO.....	41
4.1	Parâmetros legais para o parcelamento do solo.....	41
4.2	Zoneamento Urbano	41
5	METODOLOGIA	47
5.1	Etapa 1: Mapa de potencialidade a novos parcelamentos pelo método AHP	49
5.2	Etapa 2: Sobreposição do mapa de potencialidade com as camadas não edificantes.	58
5.3	Etapa 3: Obtenção do mapa de análise de riscos.....	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
7	CONCLUSÃO	73
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
	ANEXO A – Lei Complementar nº 93, de 20 de janeiro de 2011, do Município de Ouro Preto – MG	83

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o distrito de Cachoeira do Campo, situado no município de Ouro Preto, Minas Gerais, vem liderando o crescimento demográfico na região. Somente entre 2000 e 2010, o distrito teve um crescimento demográfico de 20%, o maior do município e superior ao do distrito sede (Pereira, 2013). O fenômeno se intensificou na década seguinte, sendo representativo o crescimento do número de domicílios particulares permanentes¹, chegando a um aumento de 65,5% de moradias entre 2010 e 2022² (IBGE, 1991, 2000, 2010, 2023).

Esse crescimento observado no distrito é caracterizado, em grande parte, pela atração de moradores da sede de Ouro Preto, onde o sítio topográfico e a carência de novas áreas para expansão impuseram uma pressão fundiária e imobiliária (Teixeira, 2015). Dessa forma, Cachoeira do Campo se desenvolveu, morfologicamente, adensando e se expandindo horizontalmente, por meio de novos parcelamentos (Oliveira e Sobreira, 2014).

Com o crescimento populacional e seu posicionamento geográfico estratégico em relação aos demais distritos, Cachoeira do Campo tem ganhado maior autonomia em relação à sede: comércio e serviços mais especializados, serviços públicos, ampliação da oferta de trabalho e de transportes.

Após a revisão do Plano Diretor Municipal de 2011, a criação de novas área de expansão para o município foram destinadas precisamente aos distritos, às margens da BR-356 ou em seu entorno (PMOP, 2025), sinalizando uma capacidade para

¹ Com exceção do distrito-sede.

² A taxa de crescimento de domicílios particulares permanentes apresentada foi a maior em comparação aos censos anteriores do IBGE: 1991-2000: 32,8% ; 2000-2010: 35,5%.

adensar e acomodar mais expansão urbana no futuro³, podendo alterar toda a dinâmica espacial e econômica do município, com riscos socioambientais já flagrantes nos dias de hoje.

A acelerada expansão da mancha urbana do distrito nas últimas décadas e seu efeito imediato na drenagem superficial local tem trazido desafios de gestão e imposto preocupações enquanto a expansão futura. Já se observa em distintos pontos de Cachoeira do Campo a ocorrência de um processo erosivo intenso e de forma acelerada. Em 2000, foram registradas 385 feições erosivas na bacia do rio Maracujá, sendo 173 voçorocas profundas e 212 ravinas ou voçorocas rasas (Bacellar, 2000).

As voçorocas podem ser consideradas de alto poder destrutivo, envolvendo diversos mecanismos relacionados entre si, que atuam fortemente, desagregando os solos e deixando grandes extensões de terra inúteis (Cherobin, 2012), podendo causar danos às infraestruturas urbanas, ao patrimônio e até a vidas humanas.

Diante dessas pressões e adversidades, é necessário, portanto, compreender historicamente as dinâmicas socioespaciais que conduziram essa expansão, diagnosticar suas causas e efeitos diretos, além de prognosticar as direções dos vetores do crescimento do distrito, de modo a adaptar ou evitar o avanço da mancha urbana frente à possibilidade de áreas suscetíveis a erosão de voçorocas.

Assim, tendo em vista as históricas e mais recentes ocorrências agravadas deste processo erosivo, associado a alta demanda por parcelamento de solo urbano, este estudo parte da necessidade de fortalecer instrumentos de planejamento e gestão urbana como forma de controle e direcionamento da expansão urbana, estabelecimento de um padrão de urbanização segura, ambientalmente equilibrada,

³ No momento de confecção deste trabalho, o Plano Diretor Participativo de Ouro Preto se encontrava em processo avançado de revisão (PMOP, 2025), prevendo um perímetro urbano mais abrangente, que no futuro permitiria a conurbação do distrito com os distritos vizinhos de Amarantina, Santo Antônio do Leite e Glaura.

que garanta a qualidade de vida dos atuais e dos futuros moradores (Cassilha; Cassilha, 2009).

1.1 Objetivo

O objetivo central deste trabalho é compreender o fenômeno de expansão urbana, através da modelagem espacial dinâmica, para prever locais predispostos a futuros parcelamentos e desmembramentos no perímetro urbano do distrito de Cachoeira do Campo em Ouro Preto (MG), dando enfoque na análise do avanço da mancha urbana do distrito sobre áreas de suscetibilidade à formação de voçorocas.

1.1.1 Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- 1) Fazer uma revisão bibliográfica sobre planejamento e expansão urbana, explorando assuntos como a dinâmica de urbanização das cidades frente aos processos erosivos, especificamente voçorocas;
- 2) Detalhar e analisar o histórico de urbanização e expansão de Cachoeira do Campo, desde sua formação até os dias atuais, dando ênfase às diretrizes de uso e ocupação do solo dos antigos Planos Diretores e os possíveis impactos da nova proposta de zoneamento previstas para o Plano Diretor de 2026;
- 3) Analisar os antecedentes de processos erosivos recorrentes na região e comparar ao histórico de urbanização do distrito;
- 4) Com auxílio do software QGIS, realizar predição de um possível cenário futuro de expansão da mancha urbana de Cachoeira do Campo (mapa de potencialidade a novos parcelamentos) utilizando o método de Análise Hierárquica de Processos;
- 5) Comparar o mapa de potencialidade a novos parcelamentos obtido, com as áreas de mais alta suscetibilidade a erosão hídrica e estabelecer possíveis diretrizes que fomentem a discussão sobre instrumentos urbanísticos que possam contribuir para tentar evitar o surgimento de novas voçorocas;

6) Avaliar os impactos ambientais do avanço urbano sobre as áreas potenciais ao desenvolvimento de voçorocas, analisando as taxas de ocupação e permeabilidade da nova proposta de zoneamento vigente e propor ideias para possíveis alterações nos parâmetros de zoneamento do novo Plano Diretor.

1.2 Justificativa

O município de Ouro Preto, um dos mais extensos do estado de Minas Gerais, conta com uma extensão territorial de 1.245,856 km² e com uma população de 74.821 habitantes (IBGE, 2022). O município se subdivide em 13 distritos, sendo eles, nesta ordem de ranking demográfico: Ouro Preto (sede), Cachoeira do Campo, Amarantina, Antônio Pereira, Engenheiro Correia, Glaura, Lavras Novas, Miguel Burnier, Rodrigo Silva, Santa Rita do Ouro Preto, Santo Antônio do Leite, Santo Antônio do Salto e São Bartolomeu (PMOP, 2006).

O crescimento populacional experienciado pela região, entre os séculos XVII até o fim do século XVIII, deveu-se principalmente à abundância de ouro aluvial na região. O distrito sede de Ouro Preto, então Vila Rica, chegou a se tornar, durante um período, o segundo maior centro populacional da América Latina. Após o declínio do ciclo do ouro e da transferência da capital para Belo Horizonte, a cidade e o município sofreram uma decadência política e econômica (Oliveira; Sobreira, 2015).

Oliveira e Sobreira (2015) apontam que apesar de o distrito sede, com seu núcleo colonial de traçado irregular e repertório arquitetônico preservado, que viria a ser tombado no século seguinte, representar a face histórica do município, uma nova fase de expansão e aumento populacional teve início em 1940. Os autores também apontam que esse crescimento foi impulsionado por um novo ciclo de exploração minerária, com a instalação da empresa Alcan e se perpetua até hoje, sustentado pela atuação de diversas mineradoras e pela expansão da Universidade Federal de Ouro Preto a partir de 1970, atraindo continuamente trabalhadores e estudantes de várias regiões.

Entretanto, o sítio da sede de Ouro Preto apresenta características topográficas que impõem desafios ao crescimento da cidade. De acordo com Oliveira e Sobreira (2015), Ouro Preto se assenta sobre condições físicas de relevo muito especiais, com

vales encaixados, encostas íngremes e rochosas bastante alteradas. Essa morfologia traz como consequência direta a escassez de novas áreas adequadas à ocupação, o que limita as opções da expansão urbana, contribuindo para o aumento da pressão imobiliária e impulsionando a criação de novos empreendimentos em distritos próximos, como Cachoeira do Campo.

Já em seu primeiro Plano Diretor Municipal de 1996, o município estabeleceu uma estrutura de ordenamento territorial fundamentada em macro-zoneamento. Esta iniciativa definiu denominações de zoneamento reconhecendo a necessidade estratégica de fortalecer a integração entre os distritos a partir dos núcleos urbanos já consolidados (Teixeira, 2015). O planejamento identificou duas centralidades urbanas de maior relevância, o distrito Sede e Cachoeira do Campo, que foram concebidas como polos de desenvolvimento que deveriam receber incentivos para seu fortalecimento e expansão (PMOP, 2025).

Nesse sentido, mais do que a limitação do sítio do distrito sede, torna-se clara a ênfase dada oficialmente à indução do crescimento do distrito de Cachoeira do Campo, materializado no macro e micro zoneamento urbano do(s) plano(s) diretores subsequentes.

Ainda que se situe em um sítio menos propenso a movimentações de massa ou eventos hidrológicos de maior risco, o distrito não está isento de impactos ambientais advindos ou intensificados pela antropização do espaço e da ocupação urbana. Há décadas um recorrente fenômeno de processos erosivos têm desafiado e preocupado gestores, planejadores, empreendedores e a população local.

Bacellar (2000), realizando estudos frente a geomorfologia da bacia do Maracujá e do Quadrilátero Ferrífero, analisou a complexidade do fenômeno do voçorocamento, muito presente na região pela forte interação entre condicionantes geológicos, geomorfológicos, geotécnicos e um longo histórico de uso e ocupação do solo. O autor apresenta o distrito de Cachoeira do Campo, desde suas primeiras atividades de ocupações, no final do século XVIII e até a década de 1940, como território "decadente, rasgado por voçorocas, com boa parte das terras abandonadas pelos proprietários" (Bacellar, 2000). Seus estudos demonstraram a existência de uma

densidade média de voçorocamento de 2,75 feições por km, no território inserido na Bacia do Maracujá, demonstrando a intensidade do problema na área (Bacellar, 2000).

Dessa forma, é necessária alguma previsibilidade da direção da expansão da mancha urbana do distrito, de modo a não compactuar com as áreas suscetíveis ao evento das voçorocas, evitando assim a aceleração do processo erosivo e o aumento das perdas de parcelas de solo no território do distrito.

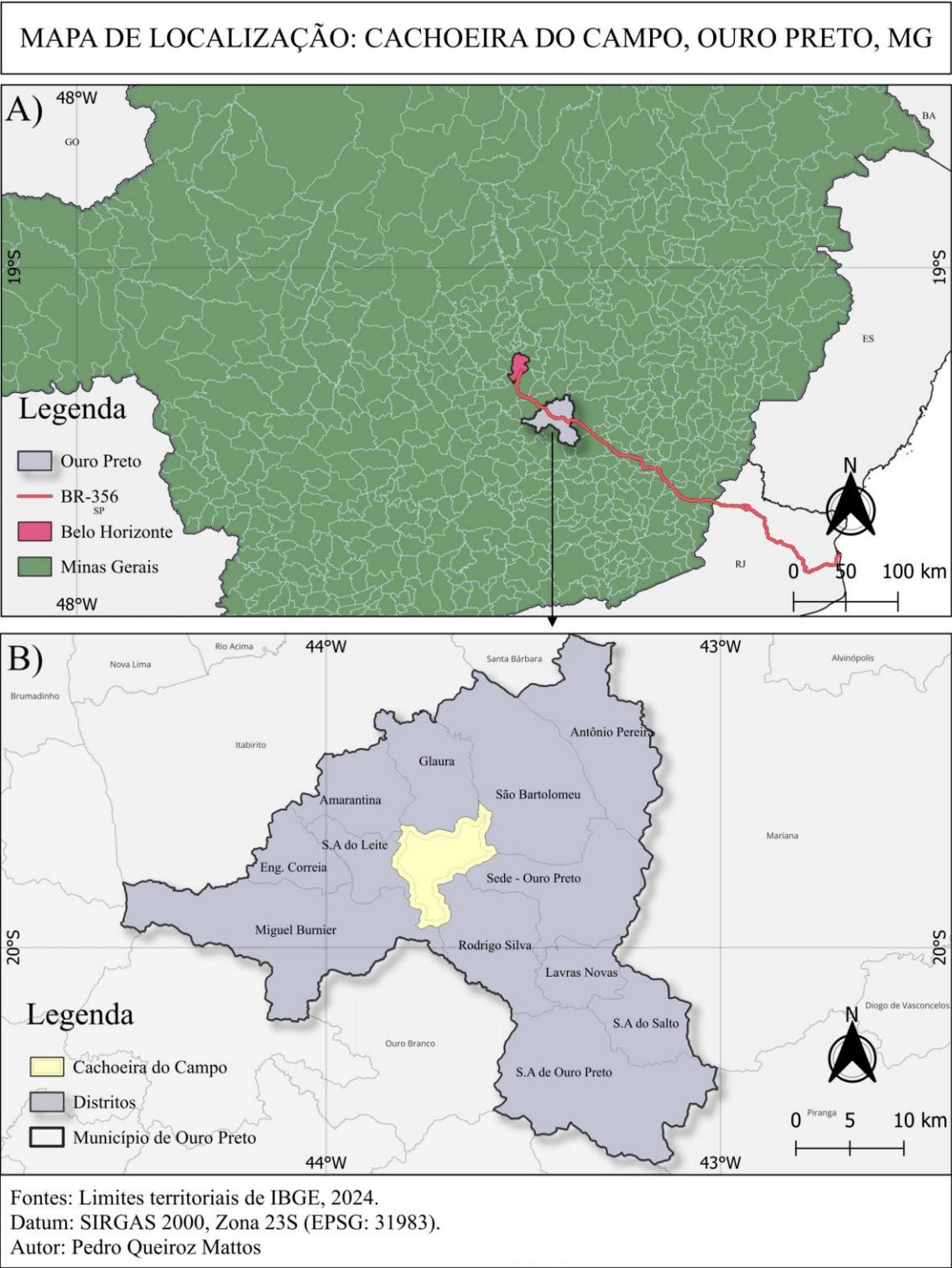
2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1 Localização

Cachoeira do Campo é um distrito localizado no Município de Ouro Preto, MG situado a 22km da sede (PMOP, 2025), com uma população total de 12.035 habitantes, a segunda maior do município (IBGE, 2022). A sua área total corresponde a 57,01 km², fazendo fronteira com os distritos de Amarantina, Glaura, Santo Antônio do Leite, Miguel Burnier, Rodrigo Silva, São Bartolomeu e o Distrito-sede (IBGE, 2022), como visualizado na Figura 1 a seguir.

Além disso, o distrito está situado no eixo da BR-356, a principal via de ligação regional, posicionando-se a 79 km de Belo Horizonte e 20 km de Itabirito, uma localização que viabiliza importantes conexões econômicas e sociais entre essas regiões.

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo. A) Limite do estado de Minas Gerais com ênfase na capital Belo Horizonte; B) Limite do Município de Ouro Preto, Distritos e Cachoeira do Campo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

2.2 Contexto histórico de urbanização do distrito.

Fundado oficialmente no ano de 1836 (IBGE, 2013), o distrito de Cachoeira do Campo foi caracterizado por muitos anos como área rural do município, uma vez que seu desenvolvimento inicial, diferente da sede, não foi causado pela extração mineral, mas sim pelo grande potencial agrícola e fertilidade de seu solo, em conjunto com o clima ameno característico da região (Teixeira, 2015).

As primeiras ocupações registradas em Cachoeira do Campo se relacionam principalmente com a história da religião católica datada de meados dos anos 1724, a partir da construção da primeira igreja local, conhecida como Igreja Nossa Senhora de Nazaré, ao redor da histórica Praça Felipe dos Santos (Secretaria de Turismo de Ouro Preto, 2025), um dos marcos principais para o começo de sua expansão urbana. Este padrão de assentamento corrobora com o que Murillo Marx (1980) destaca sobre como a Igreja, bem como a religiosidade, contribuiu na formação das cidades coloniais brasileiras, quando afirma:

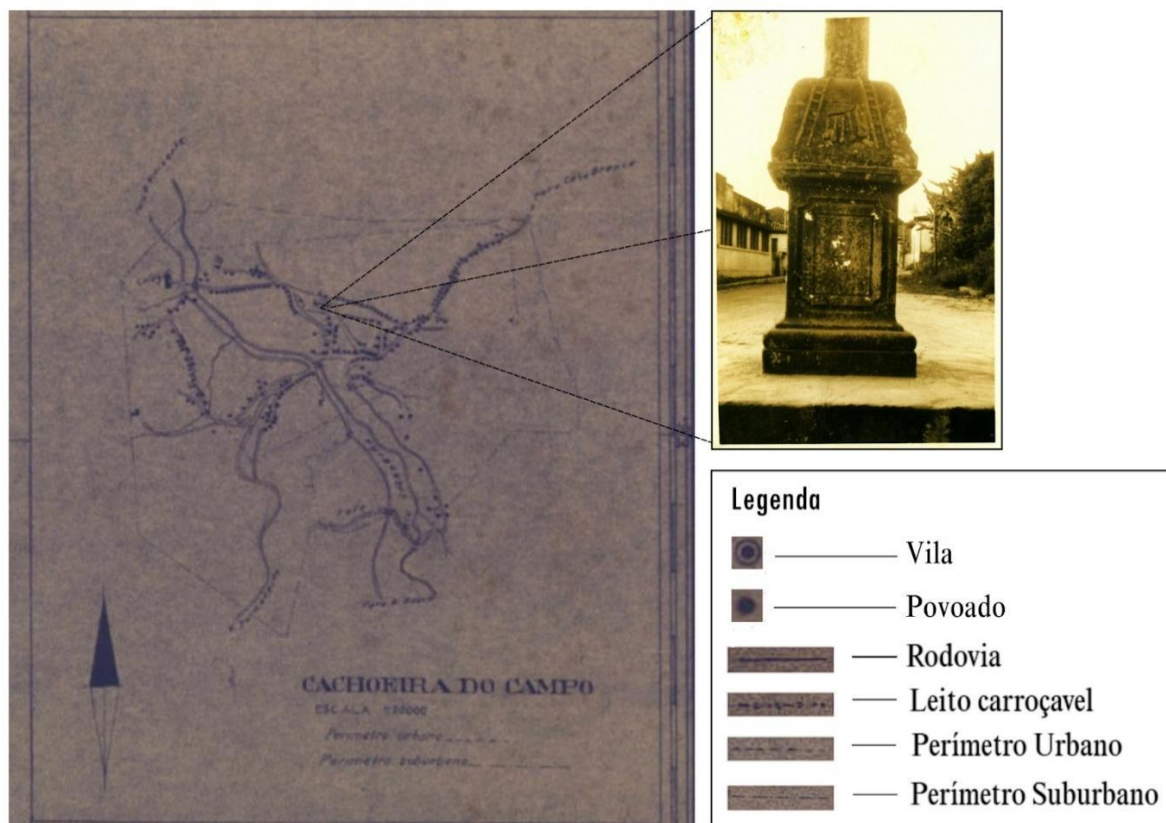
"A presença da Igreja ou a falta dela, por meio de um templo, era também uma forma de o Estado estabelecer um padrão para dividir e organizar territorialmente as povoações, pois a partir do templo se formavam juridicamente as cidades". Em torno das capelas, capelas curadas, paróquias, sés, irmandades e conventos, como é dito pelo autor, é onde surgiram as maiores concentrações de vida e de privilégios nas cidades." (MARX, 1980).

Naquele momento, a única conexão possível entre o distrito de Cachoeira do Campo e a sede do município seria uma rota, construído em 1782, conhecida como Estrada Real, que seria ainda vital muito tempo depois para o fluxo de comércio e pessoas da região, como afirma (Boher et al., 2016):

A principal dessas vias foi construída durante o governo de Dom Rodrigo José de Menezes, entre Cachoeira do Campo e Ouro Preto, passando pelo distrito de São Bartolomeu. Obra notável da engenharia colonial, grande parte do seu percurso se faz em curva de nível ao longo da Serra de Ouro Preto, tornando-a caminho preferencial, pois, menos árido, sinuoso e cansativo que a antiga estrada que corria no cimo da montanha (Boher et al., 2016).

Em 1939 foi criado o registro cartográfico detalhado do município de Ouro Preto, contemplando as suas principais localidades, bem como o distrito de Cachoeira (APM; SVOP, 1939), como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2: Registro Cartográfico do Município de Ouro Preto: Distrito de Cachoeira do Campo (1939) com ênfase a localização da Igreja Nossa Senhora de Nazaré.



Fonte: Adaptado de Secretaria de Viação e Obras Públicas (SVOP, 1939).

Em análise ao mapa cartográfico, é possível perceber que o distrito, designado na época de “vila”, já continha uma demarcação de “perímetro urbano”, no qual, visivelmente, se concentrava a maior partes dos “povoados”, assim denominado pela legenda do mapa, de forma adensada. Fechando o território, observa-se o perímetro suburbano, delimitando a região na qual os chamados “povoados” se encontravam mais dispersos, porém já com estradas vicinais que serviriam posteriormente como arruamentos pré-definidos para parcelamentos futuros.

2.3 Histórico da urbanização do distrito: uma análise legal.

No ano de 1980, foi instituído o Código de Posturas de Ouro Preto (Lei 179/80). Esse seria este o primeiro documento que regulamentaria as normas referentes ao uso e ocupação do solo do município (PMOP, 2025).

Entretanto, considerou-se que o disposto neste código só seria aplicado ao distrito sede do Município de Ouro Preto, não englobando os distritos restantes:

O disposto neste código só será aplicado apenas ao distrito sede do Município de Ouro Preto que, para os efeitos deste código, é entendido como área situada dentro do perímetro urbano definido na Lei de Uso e Ocupação do Solo (Ouro Preto, art. 210, 1980).

Com aplicação direta no distrito, o Decreto-Lei nº 25/1937, instituído pelo atual IPHAN, seria a única vertente legal responsável por restringir e por assim, direcionar, de certa forma, um padrão quanto ao uso e ocupação do solo exclusivamente para o distrito, até então. Porém, esta lei só poderia se enquadrar ao perímetro da Praça Felipe dos Santos, onde está localizada Igreja Matriz de Nossa Senhora de Nazaré, tombada em 1949 pelo IPHAN e até hoje o único patrimônio edificado tombado a nível federal do distrito (PMOP, 2025). As restrições de ocupações no local indicam que “sem prévia autorização do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional, não se poderá, na vizinhança da coisa tombada, fazer construção que lhe impeça ou reduza a visibilidade [...]” (IPHAN, Art.18, 1937).

Entretanto, mesmo com as restrições exigidas pelo IPHAN, a ocupação e o adensamento foi se dando inicialmente o mais próximo possível desse ponto de fundação do distrito, uma vez que as relações culturais (igreja, festas comemorativas), comerciais (mercados, feiras) e sociais (acesso a serviços públicos, relações de trabalho) já estavam ali estabelecidas.

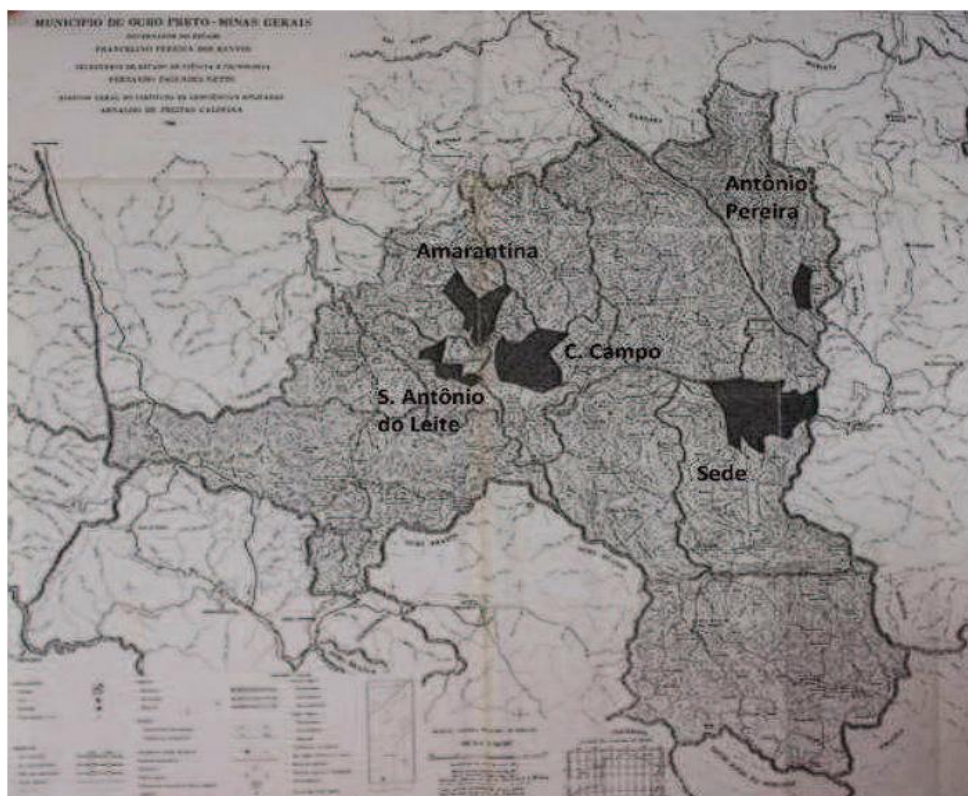
Em 1990, com a Lei Orgânica de Ouro Preto sinalizando a confecção de um futuro Plano Diretor e a total competência municipal na promoção de um adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do parcelamento, da ocupação e do uso do solo, tornou-s obrigatório a implantação de instrumentos essenciais de planejamento urbano e elaborando estruturas para a sua criação (Ouro Preto, art. 199, 1990).

Teixeira (2015) relata que o distrito de Cachoeira do Campo foi considerado, em 1990, como o local mais viável, de curto a médio prazo, para o desenvolvimento de novos assentamentos residenciais, visando descentralizar os serviços do distrito-sede, no qual se encontrava praticamente sem áreas de expansão, revelando o claro potencial do distrito para, no futuro, absorver o crescimento e aliviar a pressão sobre o distrito-sede.

Em 1996, o município de Ouro Preto aprovou o primeiro Plano Diretor (PMOP, 2025). Teixeira (2015) relata que em um conjunto conferido entre a Prefeitura Municipal, Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais (IEPHA-MG) e Instituto Estadual de Florestas (IEF-MG), o plano teve como objetivo a criação de um modelo de urbanização que integrasse a conciliação entre parâmetros de preservação e desenvolvimentos futuros. O autor complementa que para isso, foram realizadas as delimitações dos perímetros urbanos (Figura 3), desta vez com conceito de macrozoneamento (urbano e rural) e informações como vegetação, hidrografia, declividade, áreas de risco geológico, dentre outros, tanto para distrito-sede, quanto para alguns dos distritos, como: Amarantina, Santo Antônio do Leite, Antônio Pereira e, principalmente, Cachoeira do Campo, definindo macrozonas urbanas e rurais⁴.

⁴ Contudo, o conteúdo vago e a ausência de diretrizes de uso e ocupação do solo fizeram com que o Plano Diretor, mesmo aprovado, se tornasse uma carta de intenções fracas, sem a aplicação espacial na qual deveria exercer (Teixeira, 2015).

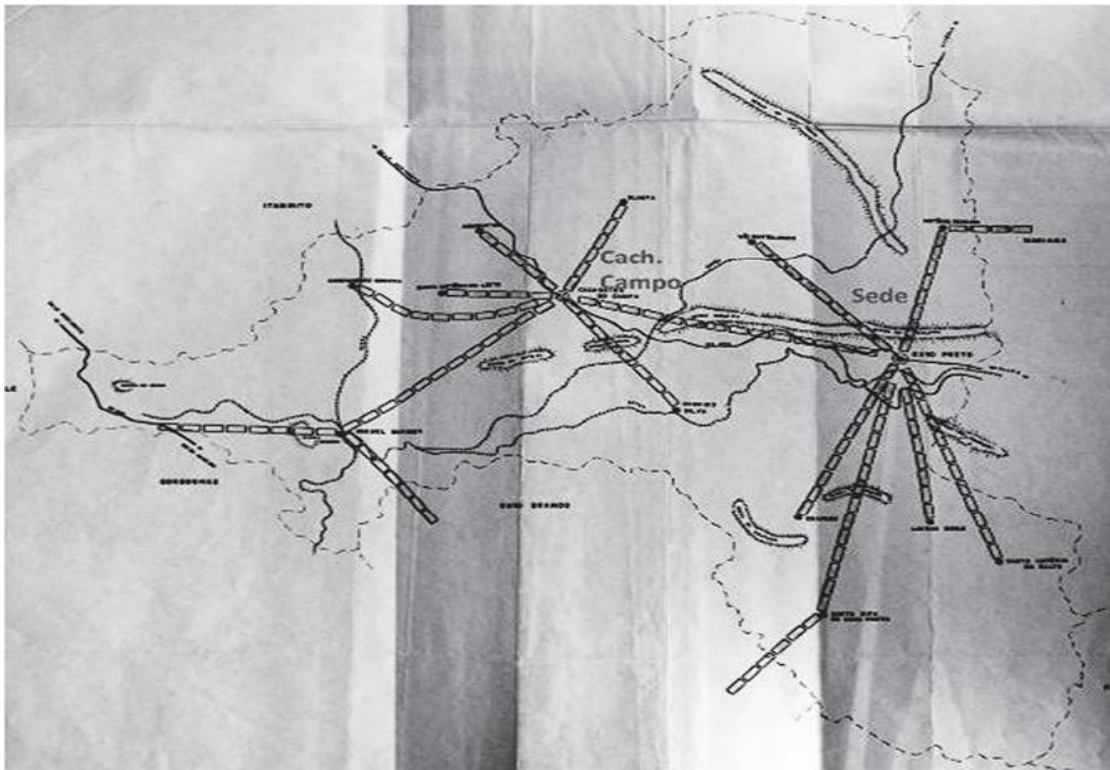
Figura 3: Mapa de Perímetros Urbanos do Município de Ouro Preto – 1996.



Fonte: Teixeira (2015).

Neste contexto, para promover a articulação distrital a partir das áreas urbanas existentes, o zoneamento definido priorizou a polarização e desenvolvimento de Cachoeira do Campo e do distrito-sede, de modo a estimular que viessem a se tornar as principais centralidades do Município (PMOP, 2025), (Figura 4).

Figura 4: Mapa de Polarização do Município de Ouro Preto - 1996.



Fonte: Teixeira (2015).

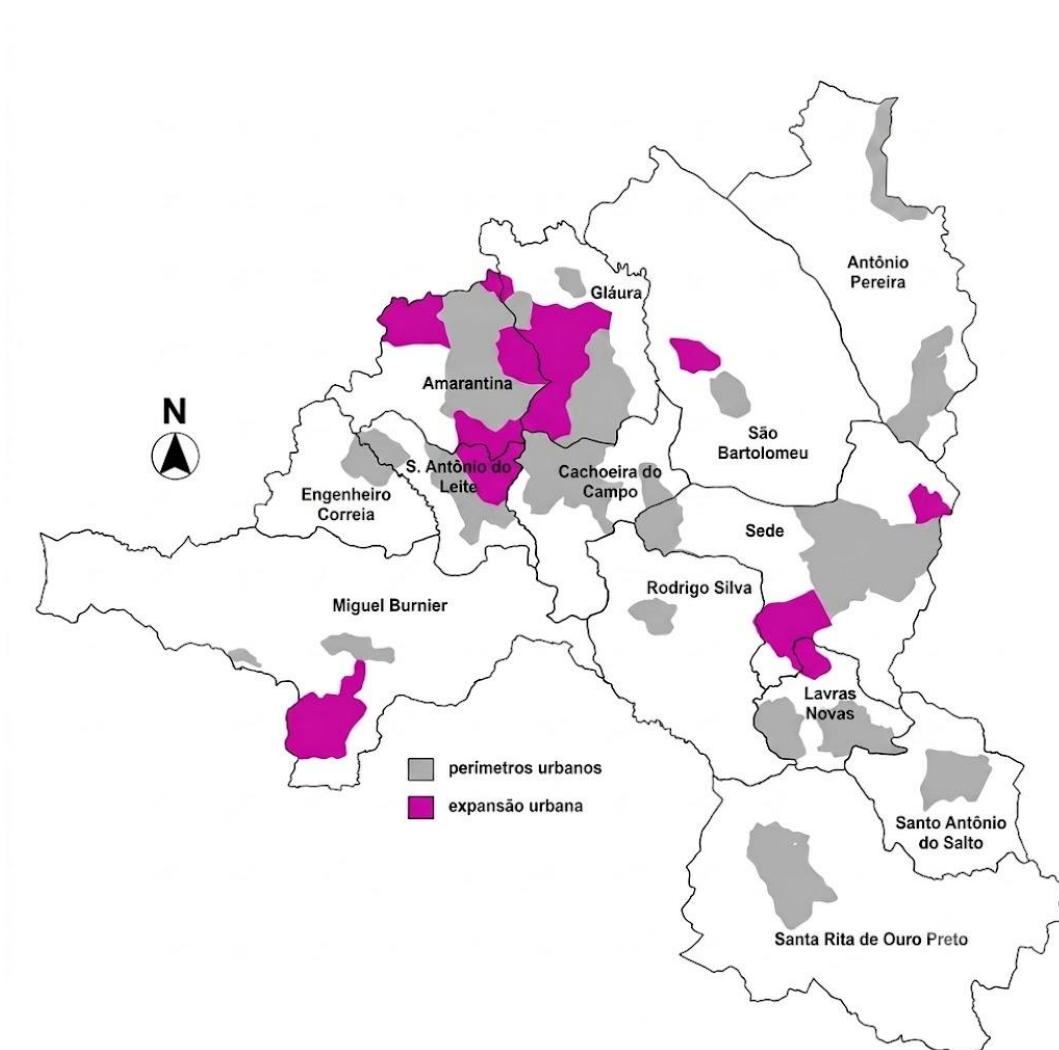
De acordo com o mapa, o distrito de Cachoeira do Campo continha vetores que apontavam para 5 direções, sendo elas os distritos de Glaura, Amarantina, S. Antônio do Leite e Miguel Burnier, e outra para a região de Rodrigo Silva e Bocaina, em direção ao distrito sede. Os vetores apontavam para as áreas que poderiam ser articuladas, partindo do núcleo de cada uma, com incentivos à produção, infraestrutura, desenvolvimento, equipamento e serviços urbanos (Sayegh, 2009). Essa última conexão, através da sua via principal, a BR-356, reforçava a ideia de integração e complementaridade que os dois principais distritos poderiam vir a ter futuramente (Teixeira, 2015). Entretanto, segundo o autor, ao invés de seguir um planejamento prévio, o processo de expansão aconteceu de modo espontâneo na maior parte do tempo.

Em 2006, a Prefeitura Municipal de Ouro Preto (PMOP) elaborou projetos de leis complementares para a revisão do Plano Diretor e da legislação de parcelamento, uso e ocupação do solo urbano. Contudo, essas propostas concentravam-se exclusivamente no distrito-sede, mantendo os demais distritos à margem do processo de planejamento urbano.

Então, em 2010, visto que boa parte das glebas rurais dos distritos do município não tinham alguma limitação para uso e ocupação do solo, deixando esta parcela do território municipal exclusiva por muito tempo, quando comparado aos planos que visavam sempre o distrito-sede, viu-se a necessidade de “estabelecer perímetros urbanos para as áreas em zona rural, cujas características eram essencialmente urbanas ou que já haviam sido parceladas para este fim” (Teixeira, 2015).

Nesse contexto, o território de Cachoeira do Campo foi incluído. O autor complementa que o perímetro urbano do distrito foi redefinido, de modo a deixá-lo atual e compatível com as características já presentes na paisagem. Além do mais, grandes áreas de expansão urbana foram definidas no perímetro de território que engloba conjuntamente os distritos de Cachoeira do Campo, Glaura, Santo Antônio do Leite e Amarantina, considerando-as áreas que “compreendem a transição entre a zona rural e a zona urbana, apresentando características e potenciais para urbanização, como visto nas Figura 5.

Figura 5: Mapa de perímetros urbanos e expansão urbana do município de Ouro Preto, definidos pela revisão do Plano Diretor Municipal de 2010.



Fonte: Adaptado de Teixeira (2015).

2.4 Caracterização do meio físico

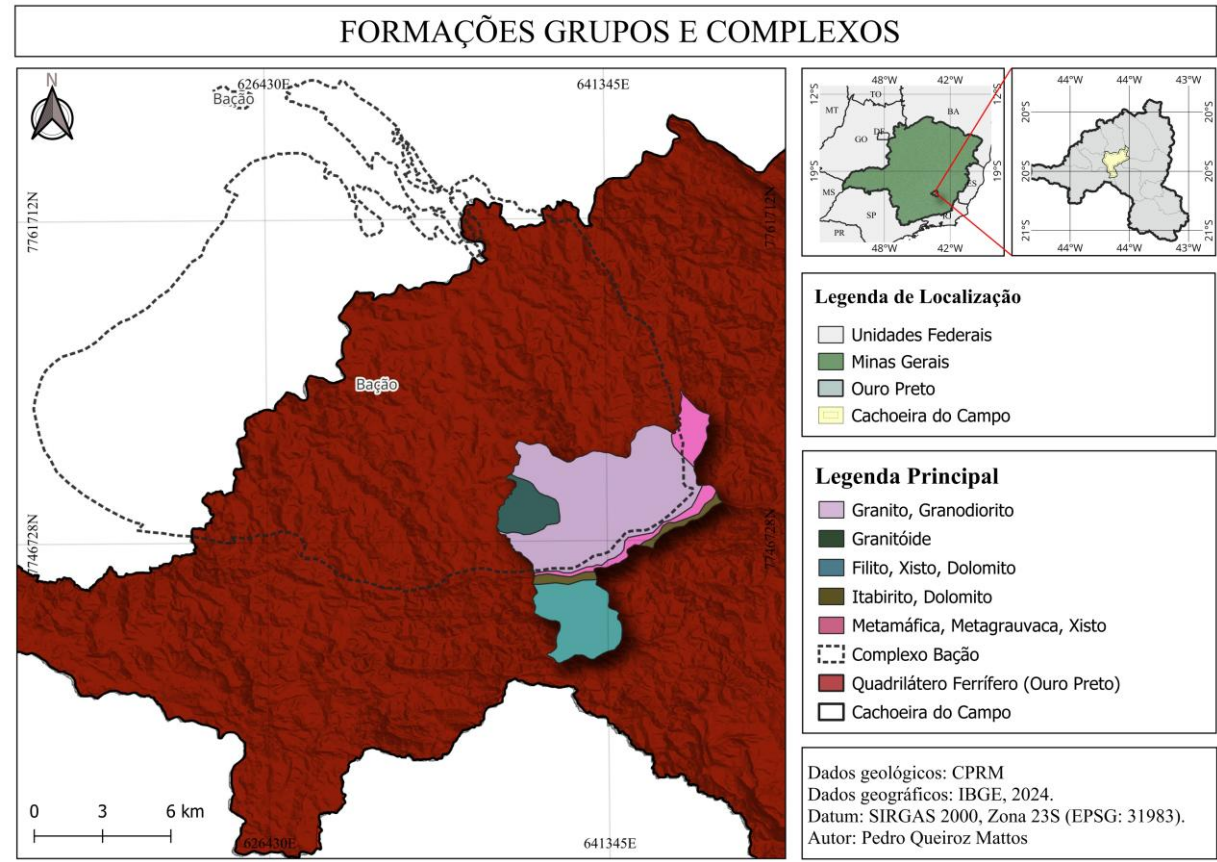
O distrito de Cachoeira do Campo, juntamente com os distritos vizinhos de Amarantina, Santo Antônio do Leite e Gláura, está inserido na bacia do Rio Maracujá, com cerca de 140km², localizada na porção centro-sul do Quadrilátero

Ferrífero, que integra a bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas, afluente do Rio São Francisco (Bacellar, 2000).

A geomorfologia local é diretamente influenciada pelo Quadrilátero Ferrífero, onde as maiores elevações são sustentadas por rochas mais duras dos supergrupos Minas e Rio das Velhas (Júnior et al, 2012). O Complexo Bação (Figueiredo et al., 2004), encontra-se na porção sul-sudeste (SSE) do Quadrilátero Ferrífero (Figura 6) e constitui o embasamento cristalino granito-gnáissico-migmatítico das unidades geológicas do mesmo (Herz, 1961).

A formação da região é composta, na porção central, majoritariamente por rochas do tipo granito, granodiorito e granitóide, enquanto, em menor proporção, destacam-se filitos, xistos, dolomitos, itabirito, metamáfica, metagrauvaca e xistos, mapeados na Figura 6 abaixo.

Figura 6: Mapa de formações de grupos e complexos de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG.

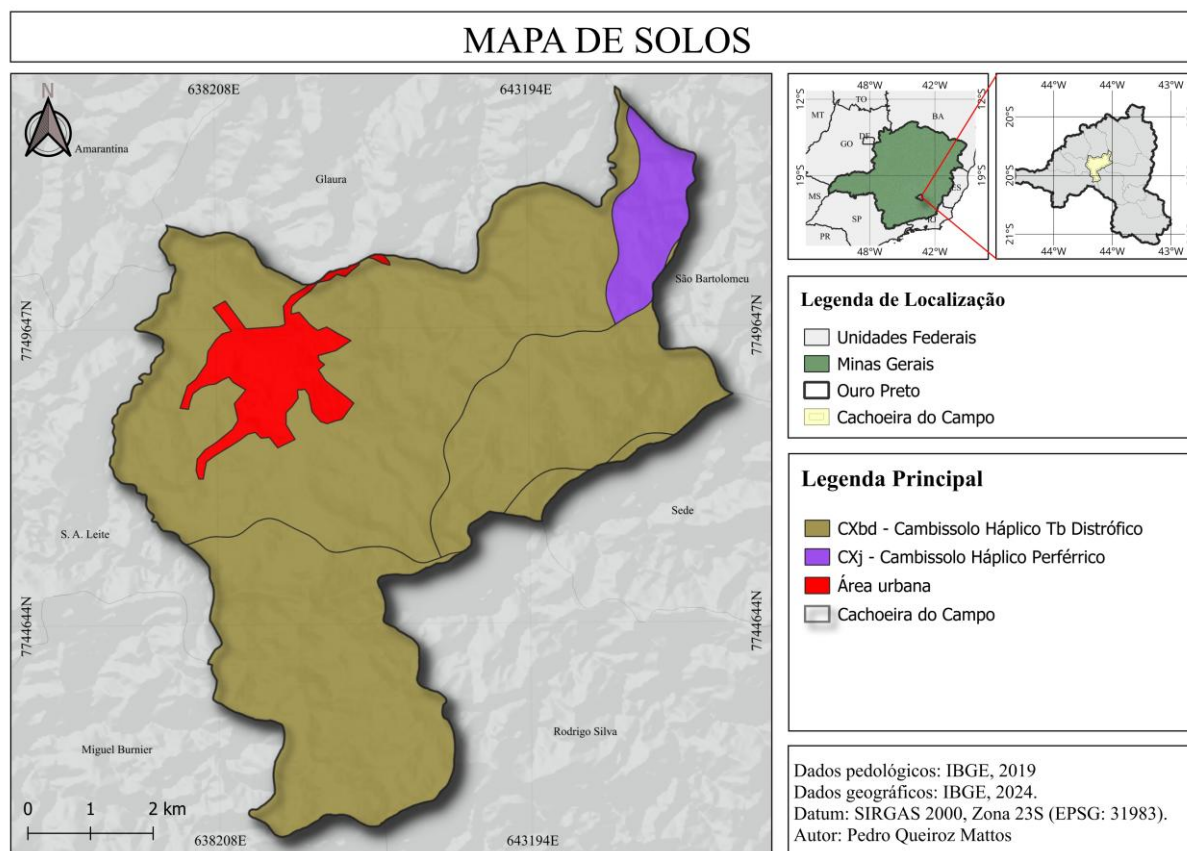


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A pedologia da área de estudo é composta predominantemente pela ordem do Cambissolo Háplico Tb Distrófico com componentes do Latossolo Vermelho Distrófico típico argilosa (IBGE, 2019) (Figura 7). Eles são solos pouco desenvolvidos com horizonte B em processo de formação, nos quais apresentam textura argilosa e média (IBGE, 2019).

O solo mais superficial (horizonte A), foi em boa parte retirado, devido ao uso inadequado da terra pelas ações humanas desde o século XVIII (Parzanese, 1991). Logo abaixo, o horizonte B detém uma faixa que pode atingir até 10 metros de espessura e é formada por argila do tipo caulinita, grãos de quartzo e compostos minerais de ferro e alumínio (Parzanese, 1991; Sobreira, 1998; Bacellar, 2000). Por fim, a camada mais profunda (horizonte C) é o saprolito, que chega a medir até 40 metros de extensão e consiste em uma rocha em estágio avançado de desgaste e transição, composta por quartzo, micáceos como illita e muscovita, além de feldspato em diferentes níveis de transformação em argila (Parzanese, 1991; Sobreira, 2000).

Figura 7: Mapa pedológico do distrito de Cachoeira do Campo, Ouro Preto – MG.

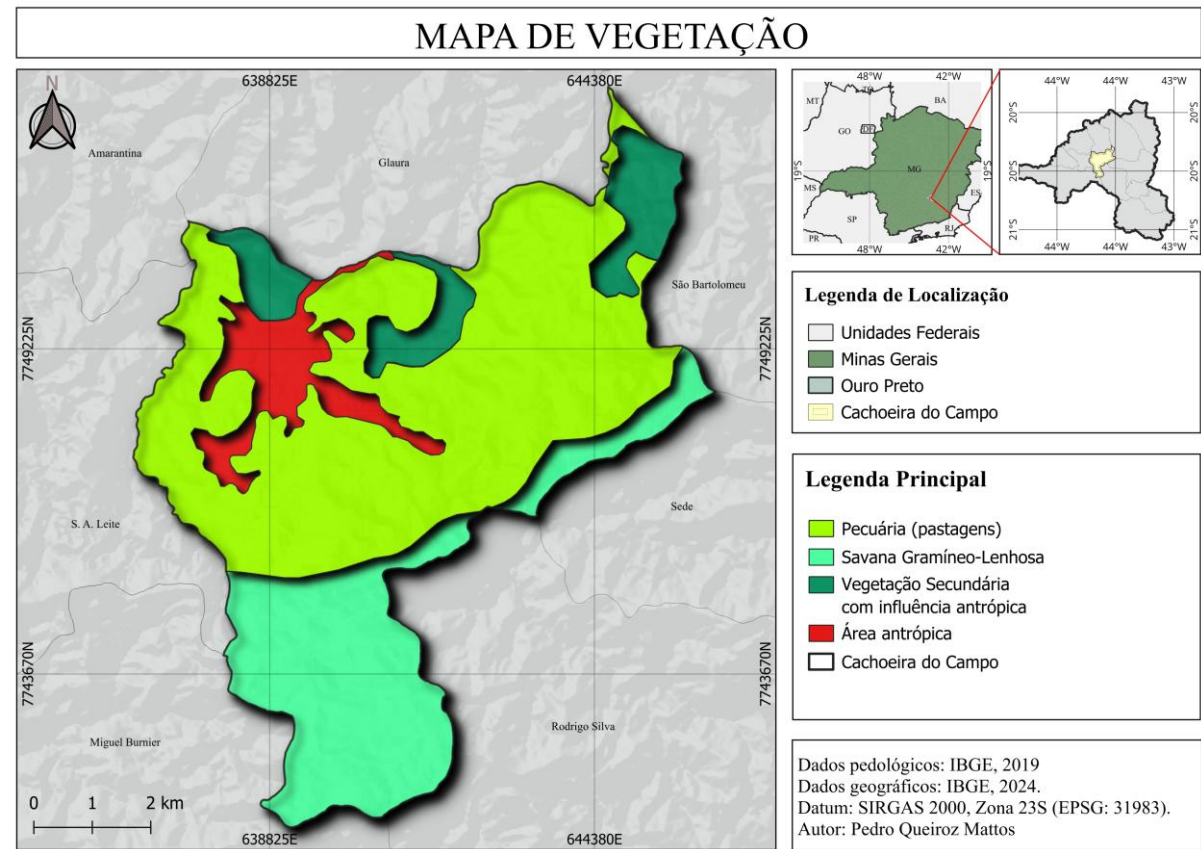


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

É possível identificar três tipos de usos predominantes no distrito: a pecuária (pastagens), predominante no centro do território; a savana gramíneo-lenhosa sem floresta-de-galeria, a sul; e vegetação secundária com influência antrópica, mais ao norte (IBGE, 2019) (Figura 8).

Oliveira e Braga (2008) consideram a área de pecuária da região como “pouco densa[...], vegetação secundária, sem palmeiras e pastagens”. Maia e Santos (2018) atrelam as áreas antrópicas dominantes como resultado da intensa e indiscriminada retirada da vegetação nativa durante o ciclo do ouro em Ouro Preto, quando o solo passou a ser utilizado como base de produção de alimentos para a sustentação do município.

Figura 8: Mapa de vegetação do distrito de Cachoeira do Campo, Ouro Preto - MG.



Fonte: Autoral (2026).

2.5 Assoreamento da bacia do rio Maracujá

O bacia do rio Maracujá está situada na borda sul do Complexo Bação, com uma área de 140 km² (Bacellar, 2000). Segundo Almeida e Guarda (2018), seus mananciais situam-se na área conhecida como Alto Maracujá, no distrito de Cachoeira do Campo, em Ouro Preto. Segundo as autoras, por ser um dos primeiros tributários a fluir para o Rio das Velhas, representa um marco de relevância, visto que deságua perto da cabeceira desse rio, prejudicando pelo acúmulo de sedimentos a represa de Rio de Pedras, pertencente à Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG).

A região do Alto Maracujá, responsável por abrigar mais de uma centena de nascentes formadoras do Rio Maracujá, enfrenta intensa degradação ambiental decorrente do garimpo de topázio imperial (PEIXOTO, 2004 *apud* ALMEIDA;

GUARDA, 2018). As práticas extrativistas, tanto legais quanto clandestinas, exigem o desmatamento, acarretando a supressão da mata ciliar, responsável pela contenção de sedimentos (KARR; SCHLOSSER, 1978; SILVEIRA, 2004). A remoção da cobertura vegetal deixa o solo exposto à ação pluviométrica direta e ao escoamento superficial concentrado (GARIGLIO, 1987), desencadeando processos erosivos profundos que evoluem de sulcos e ravinas até a formação de voçorocas ao atingirem o lençol freático (SOBREIRA, 1998; ALMEIDA; GUARDA, 2018).

Dessa forma, como consequência da expansão dessas voçorocas e das alterações morfo-hidro-pedológicas induzidas pela atividade minerária, grandes volumes de solo erodido são continuamente carregados para a rede de drenagem (SOBREIRA, 1998). Esse aporte maciço de sedimentos contribui para o severo assoreamento dos principais afluentes do Rio Maracujá como os córregos Cipó, Caxambu e Arranchador, estendendo-se ao seu leito principal (PEIXOTO, 2004 *apud* ALMEIDA; GUARDA, 2018).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo consolida o referencial teórico que fundamenta esta pesquisa, estabelecendo os principais conceitos relacionados ao planejamento e à expansão urbana. Evidencia a importância dos planos diretores como instrumentos centrais de ordenamento territorial, assim como os fatores históricos e normativos que condicionam o processo de urbanização. Em seguida, são analisados os impactos ambientais decorrentes da expansão urbana, com ênfase nos processos erosivos do tipo voçoroca, seus condicionantes e sua ocorrência no território de Cachoeira do Campo.

3.1 Plano diretor como instrumento de planejamento urbano

No Brasil, controlar e orientar o uso do solo, desenvolvimento e expansão das cidades vem se tornado um desafio para os governos municipais desde a redemocratização e da descentralização das estratégias de planejamento e gestão urbana. Neste contexto, o Plano Diretor surge como “instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana” (BRASIL, art. 182º, 1988). Sua existência constituiu um pré-requisito obrigatório para que os municípios pudessem estabelecer regras para o uso e a ocupação do solo, controlando o crescimento urbano, além de aplicar outras políticas e instrumentos importantes assegurados pelo Estatuto da Cidade, como a cobrança do IPTU progressivo para fins específicos como a retenção especulativa, prática muito comum não só em regiões consolidadas como também em muitas frentes de expansão das cidades (Ribeiro, 2002).

Para Alfonsin (2015), o Plano Diretor Participativo funciona como o principal guia de regras para uma cidade. Através do zoneamento urbano, ele define o que pode ser construído em cada área, a altura dos edifícios, as atividades permitidas por zonas (residencial ou comercial), o traçado das vias, etc.. Para o autor, o ponto-chave é que o Plano Diretor não apenas liste, na teoria, essas regras e instrumentos, mas também deva mostrar, na prática, exatamente em quais áreas da cidade cada um deles será aplicado.

Meza e Schadlick (2023) tem uma visão mais sustentável, quando diz que o Plano Diretor é uma ferramenta essencial para o planejamento de longo prazo das cidades e o plano precisa ir além do planejamento físico, considerando a "sustentabilidade urbana, o cenário de diversidade social que caracteriza as cidades e a importância de se priorizar a função social da propriedade". Os autores concluem que já existe um progresso em incluir as dimensões ambiental e social nos Planos Diretores, mas ainda é preciso avançar para que todas as dimensões do desenvolvimento sustentável sejam alcançadas.

3.1.1 Zoneamento urbano

Segundo Oliveira (2012), o zoneamento atua como o instrumento de planejamento urbano de maior peso dentro das políticas territoriais de um Plano Diretor. Para o autor, o ato de zonear refere-se a delimitar áreas com base no uso e na ocupação do solo, organizando e restringindo legalmente o território. Ademais, Oliveira destaca que o zoneamento é essencial para controlar e evitar problemas urbanos, como ocupações em áreas de risco ambiental, instalação de atividades industriais, comerciais e turísticas em locais inapropriados, e a ocupação urbana desordenada, pois essas dinâmicas afetam o meio físico natural e, consequentemente, a qualidade de vida da população local.

Para Filho (2013), o zoneamento urbano ganha uma nova camada de importância ao ser vinculado legalmente à proteção da vida, e não apenas à organização do território. O autor destaca que a "ordenação e controle do uso do solo" deve, obrigatoriamente, evitar a "exposição da população a riscos de desastres", uma exigência trazida pela Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (BRASIL, 2012) que obriga as prefeituras a integrar áreas críticas ao planejamento oficial. Ao reforçar essa necessidade, ele aponta que o Estado deve "estimular iniciativas que resultem na destinação de moradia em local seguro", mostrando que o zoneamento pode ser mais eficaz quando deixa de ser meramente funcional para se tornar uma ferramenta de prevenção integrada.

Segundo Agostinho (2021) a evolução dos instrumentos de planejamento urbano no município de Ouro Preto, especialmente a partir das revisões do Plano Diretor e da Lei de Uso e Ocupação do Solo de 2006 e 2011, caracterizou-se por uma elevada permissividade legal e pela ausência de bases cartográficas geoespaciais devidamente atualizadas. Para o autor, a delimitação de amplas Áreas de Expansão Urbana (AEUs) ao longo dos distritos ocorreu, em grande medida, sem a realização prévia de estudos técnicos de capacidade de suporte de infraestrutura e de serviços públicos. Esse modelo permissivo acabou por cancelar a conversão do solo sem garantir a justa distribuição dos custos de urbanização, resultando em uma ocupação fragmentada e desarticulada das necessidades sociais locais.

3.2 Fatores históricos e legislativos condicionantes a urbanização

Um processo de urbanização resulta da interação entre processos históricos de ocupação do território e da evolução dos instrumentos de planejamento e ordenamento territorial. A seguir serão abordados os principais fatores históricos e legislativos que influenciaram a configuração espacial e a dinâmica de expansão urbana do distrito de Cachoeira do Campo.

3.2.1 Eixo viário

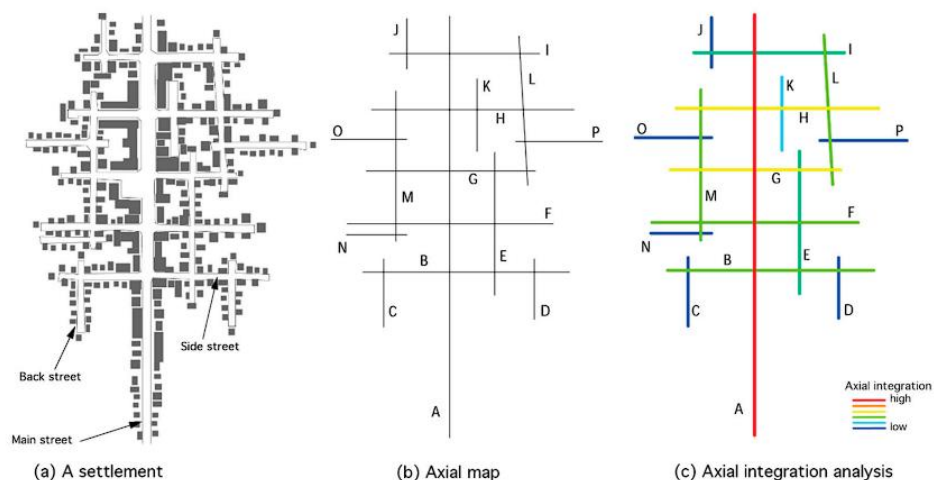
Santos (1993) aponta que o modelo rodoviarista da sociedade moderna e contemporânea é responsável pelo crescimento disperso e do espraiamento urbano, pois, ao viabilizar o acesso a áreas cada vez mais periféricas, ele alimenta diretamente a especulação imobiliária e a formação de uma mancha urbana extensa e entrecortada por vazios. Domingues (1999) considera que as rodovias são as que mais exercem influência no fenômeno do desenvolvimento urbano disperso, pois com surgimento de “novas vias, aprimoramento da capacidade e outras modificações como cruzamento de vias federais/estaduais com ruas municipais” novos parcelamentos residenciais, industriais e comerciais são atraídos.

Segundo Yamu, van Nes e Garau (2021), o grau de densidade de edificações e o uso do solo de um local são influenciados diretamente pelas configurações

espaciais da rede viária. Para os autores, as vias classificadas no Brasil como arteriais e coletoras compõem a chamada "rede de primeiro plano" (*foreground network*) e "ruas secundárias" (*side street*), respectivamente, que tem a função de conectar centros urbanos em todas as escalas e níveis, quando diz: "quanto mais espacialmente integrada é uma via, maior é o fluxo de movimento de pessoas e mais atraente se torna o terreno ao longo dela para atividades econômicas".

Em contraste, as vias locais constituem a "rede de fundo" (*background network*), formada por ruas curtas voltadas para áreas residenciais, que possuem menor potencial de integração global e, conseqüentemente, menor atratividade (Yamu, van Nes e Garau, 2021). Por fim, os autores reforçam que, para o planejamento urbano, a estrutura espacial deve ser reconhecida como fator determinante para a funcionalidade da cidade, como demonstrado na Figura 9.

Figura 9 : Análise de integridade de vias.



Fonte: Yamu, van Nes e Garau, (2021).

Em Cachoeira do Campo, as vias que compõem o seu eixo viário são a Rodovia dos Inconfidentes (BR-356), classificada como via arterial, que comunica o distrito à sede e a Itabirito, e considerada a única de classe primária, urbanizada em suas margens, que ancoram a maioria das atividades comerciais de maior porte; as ruas e avenidas responsáveis por importantes ligações intra-urbanas, além de conexões com

distritos e localidades adjacentes, como Glauro e Santo Antônio do Leite, classificadas como vias coletoras; e as ruas de acesso às residências, em maior número, classificadas como vias locais (IBGE, 2024 ; PMOP, 2026).

Segundo Agostinho (2021) o processo de ocupação e adensamento observado nos distritos situados no eixo da rodovia BR-356, como Cachoeira do Campo, Amarantina e Santo Antônio do Leite, sofre influência direta do transbordamento do vetor sul de expansão da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). O autor destaca que o aprimoramento das conexões rodoviárias transformou o corredor entre Itabirito e Ouro Preto em um vetor atrativo para novos parcelamentos do solo, manifestado na proliferação de loteamentos populares, condomínios fechados e condomínios de chácaras de segunda residência. Ademais, complementa que esse padrão de dispersão urbana favoreceu a transformação desses distritos em núcleos dormitórios, acentuando o movimento pendular diário em direção à sede municipal e à capital do estado.

3.2.2 Declividade

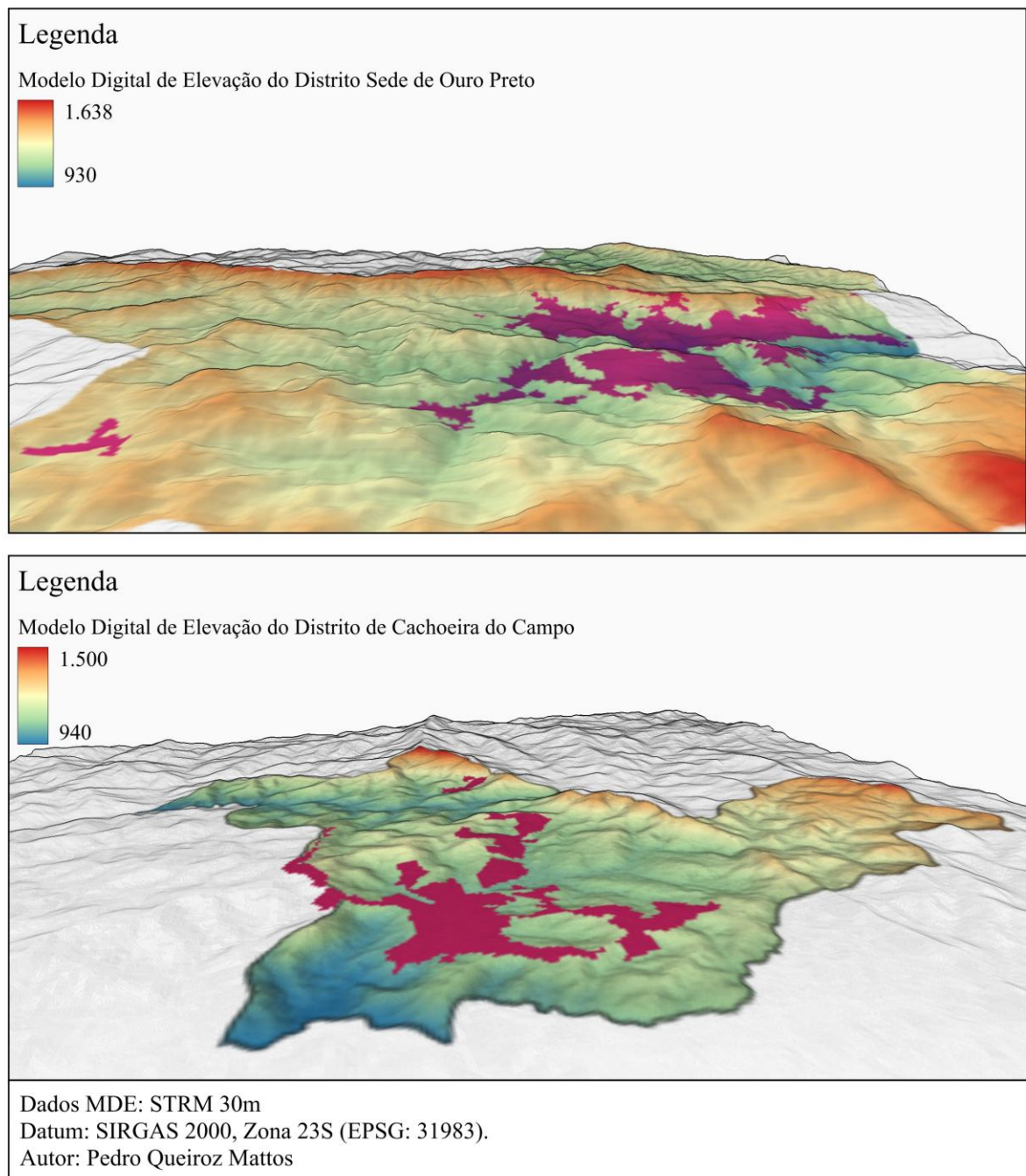
A conformação topográfica de um terreno, em especial o grau de inclinação, atua como um elemento determinante para o avanço da mancha urbana, pois tem o potencial de "impor restrições à expansão" ao elevar o custo dos processos de parcelamento e das edificações (Nascimento, 2012). Entretanto, do ponto de vista legal é restrito o parcelamento do solo “em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes” (BRASIL, art. 3º, 1979). A Lei Complementar nº 93/2011 (PMOP, 2011), que rege o parcelamento, uso e ocupação do solo no município, estabelece essas exigências para o parcelamento em terrenos inclinados. Conforme o art. 19 da Lei, em terrenos com declividade entre 30% e 45%, o projeto deve ser acompanhado de laudo técnico, emitido por profissional habilitado, atestando a viabilidade da edificação.

Para Ab’Sáber (2003), o território do Município de Ouro Preto é inserido em grande parte sobre a condição de “mares de morro”, classificada por um domínio com a área de relevo mais desafiadora do Brasil para atividades construtivas e

intervenções humanas. Contudo, o distrito de Cachoeira do Campo, em específico, se difere ao apresentar características de “topografia mais suave” e relevo de “campos limpos” (Bacellar, 2000).

Dessa forma, a declividade acaba se tornando um obstáculo não muito impeditivo do ponto de vista socioeconômico ao uso do solo na região, quando se comparado ao distrito-sede, como demonstrado na Figura 10.

Figura 10: Imagem 3D comparativa da forma de relevo do distrito Sede (primeiro mapa) e do distrito de Cachoeira do Campo (segundo mapa).



Fonte: Autoral (2026).

Ademais, Aziz Ab'Sáber (2003) ressalta que a geomorfologia e a urbanização, especialmente sobre o domínio dos "mares de morros", é definido como "áreas de

vertentes policonvexas, onde os processos morfoclimáticos tropicais úmidos criaram um relevo de morros arredondados, extensivamente florestados, mas de ocupação humana problemática”. Devido a esta classificação, o autor considera que este domínio é palco dos processos erosivos mais severos e dos movimentos de massa de solo mais intensos observados em todo o território nacional.

3.3 Formas e padrões de expansão urbana associado a impactos ambientais

Ainda que a legislação, historicamente e mais recentemente, estabeleça os limites da expansão urbana, o crescimento pode acontecer de forma imprevista, com diretrizes de zoneamento e planos de riscos geológico e ambientais insuficientes ou muitas vezes elaborados de forma tardia aos núcleos urbanos já estabelecidos.

Para Ramalho (1999), a rápida urbanização brasileira conformada pelos fenômenos das migrações regionais e do êxodo rural, resultou em áreas urbanas desorganizadas e problemáticas. O autor entende que para compreender uma cidade de verdade, é necessário enxergá-la como um todo, buscando o equilíbrio socioambiental, uma vez que, a cidade é um sistema único em que a população e o meio ambiente se organizam e funcionam em conjunto. Para o autor, o ambiente urbano é um processo dinâmico que está em constante troca entre a base natural (rios, relevos, solo, vegetação, etc.), a sociedade (população) e a infraestrutura construída (vias, edificações, equipamentos públicos), onde "cada uma dessas instâncias é, ao mesmo tempo, condicionante e resultante uma da outra".

Dessa forma, os problemas que envolvem o âmbito ambiental irão surgir a partir do momento que a esfera dos recursos humanos naturais e a do meio construído de um lugar entram em desequilíbrio, resultando na perda da qualidade de vida da população (Yunén, 1997). O processo de ocupação do relevo, por exemplo, quando ignora as dinâmicas naturais, dá origem a problemas ambientais urbanos, causados pela impermeabilização e da retificação da morfologia local, que por sua vez é consequência da ação antrópica no meio, isto é, construções de estradas, edificações e modelagem de terrenos para obras civis, que alteram o ciclo hídrico, “fazendo com que a água que infiltra seja menor do que a que escoar na superfície” (Costa, 2019).

Para Myazaki (2017), a retirada da cobertura vegetal e impermeabilização do solo alteram o ciclo hidrológico natural, que em detrimento do tipo de relevo, estrutura de rocha etc., pode aumentar o escoamento superficial. O autor complementa que dessa forma, agravado pelas estradas, esta canalização e concentração do fluxo pluvial pode trazer consigo resíduos de rochas e materiais sedimentares que por sua vez são levados, em maior parte, para as planícies e fundos de vales, podendo gerar problemas ambientais urbanos, como as voçorocas, como veremos logo a seguir.

Desse modo, o movimento de expansão das cidades deve ser feito de maneira consciente, direcionando os elementos do sítio urbano, da melhor forma possível e, imprescindivelmente, por estudos geomorfológicos, para que, desse modo, o planejamento urbano seja integrado às transformações naturais do meio ambiente (Guerra; Marçal, 2014).

3.4 Voçorocas ou processos erosivos acelerados

Para Silva (1995) as erosões hídricas, caracterizadas pelo desgaste do solo, são constituídas de três formas: erosão laminar, quando o desgaste exercido pela água remove uma fina camada uniforme de solo; erosão linear, quando a água pluvial se concentra em pontos específicos, formando sulcos, ravinas e aprofundando o solo com o tempo; e a erosão em voçorocas, que consiste em um massivo deslocamento de terra que resulta na formação de crateras e valas com grandes dimensões e profundidades.

As voçorocas, a forma mais severas de erosão iniciam-se quando sulcos na terra evoluem para ravinas⁵ e se aprofundam até atingir o lençol freático (Galetti, 1984; Gomes e Filizola, 2021). A partir desse ponto, a água subterrânea mina a base dos barrancos, provocando grandes desmoronamentos que alargam a fenda e a fazem

⁵ Feições erosivas superficiais ocasionadas pelo acúmulo de escoamento superficial, gerando uma incisão inicial no terreno” (Andrade et al. 2005).

crescer alargando a voçoroca fazendo-a crescer por “erosão remontante”, até encontrar um terreno mais estável (Gomes e Filizola, 2021).

Andrade *et al.* (2005) inserem que, devido a ação antrópica, os locais de ocorrências das voçorocas são, comumente, próximo a barrancos de rodovias e em beiras de estradas, ocasionadas por uma “degradação de sistemas de drenagem superficiais” presentes nestas infraestruturas urbanas. Ademais, são também encontradas próximas a trilha de gados, cercas, caminhos mal dimensionados ou a outros tipos de construções que possam interferir no escoamento natural da água (Gomes e Filizola, 2021).

Andrade *et al.* (2005) também ressaltam que, apesar de normalmente serem associadas à atividades humanas, a erosão das voçorocas é considerada um fenômeno natural que pode surgir naturalmente, fazendo parte do processo normal de transformação e modelagem do relevo morfológico.

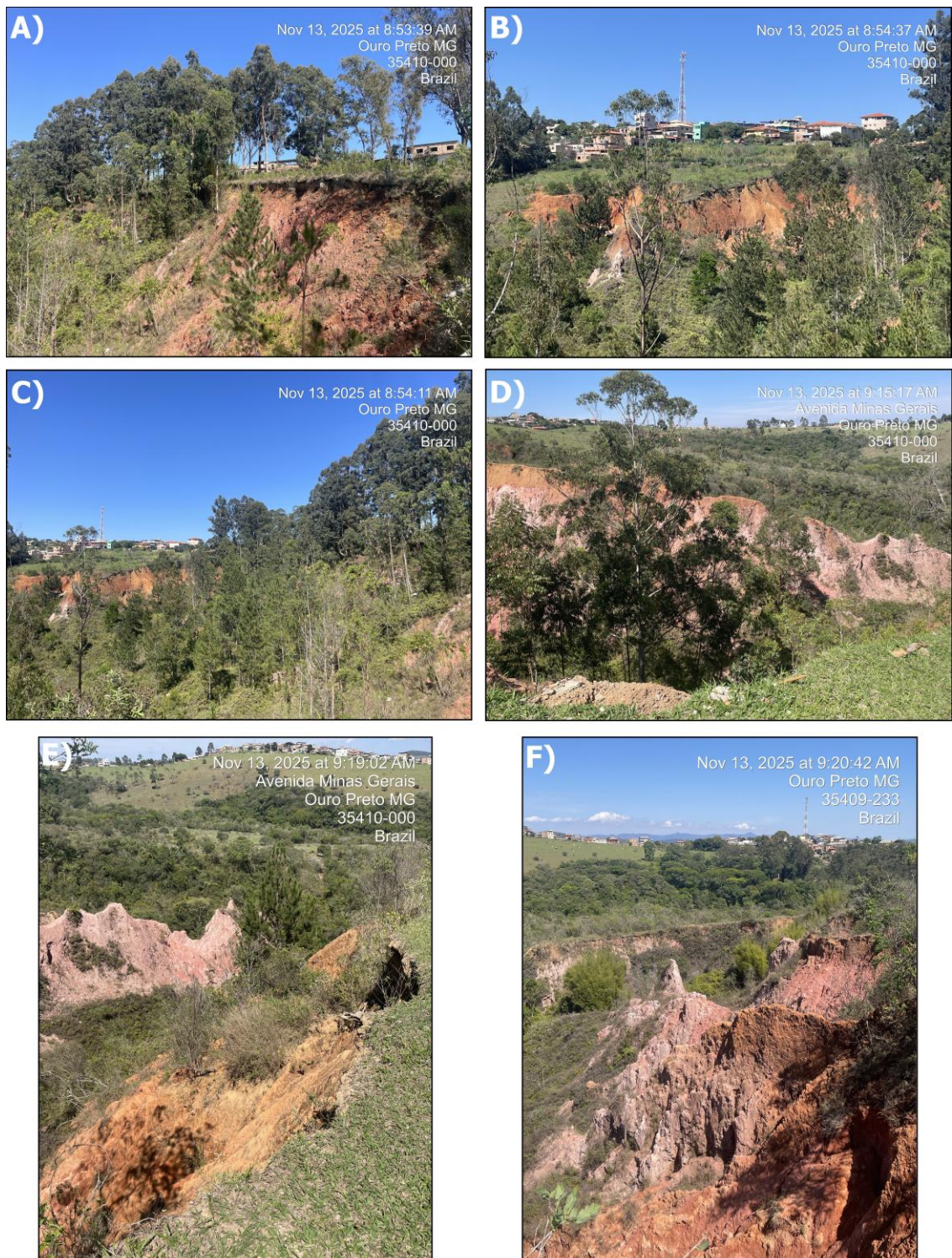
“[...] independente da intervenção antrópica, as voçorocas sempre existiram, evoluíram e entraram em senilidade, sendo que as mesmas são também grandes responsáveis pela formação dos vales e encostas que vemos no relevo atual.

Dentre os fenômenos acima, em Cachoeira do Campo a alta incidência de voçorocas está relacionada, em especial, aos solos derivados das rochas do “gnaisse”, e a caracterização geotécnica demonstra que, embora os solos superficiais (lateríticos) sejam resistentes à erosão, o material subjacente, o “saprolito do gnaisse Funil”, é considerável mais instável, e, também, suscetíveis à erosão por piping, erosão interna subsuperficial (Bacellar, 2000).

Barros e Filho (2010) constataram a presença de voçorocas no distrito de Cachoeira do Campo como consequência às atividades humanas de mineração e garimpo de topázio imperial das cabeceiras do Rio Maracujá, bem como a obras de infraestruturas, como a abertura de ferrovias e estradas rurais, resultando em um intenso assoreamento da calha dos rios, e aumentando o potencial a formação de novas e grandes voçorocas.

Oliveira e Braga (2008) analisaram o uso do solo como intensificador dos processos de voçorocamento em Cachoeira do Campo entre os anos de 1986 a 2004 e constataram que a maior concentração de voçorocas se deu nas regiões central e sul, áreas que coincidem com a predominância de pastagens em relevo mais suave, mas também foi possível notar a ocorrência dos processos erosivos próximos a áreas agrícolas e em contato imediato com o perímetro urbano. Os autores destacam que o crescimento da cidade chegou a englobar uma grande voçoroca antes periférica e o abandono de um loteamento deu origem a uma erosão retilínea no arruamento. Destacaram ainda que as voçorocas se concentraram em áreas com maior adensamento de vias e estradas, com ravinamentos que chegam a dificultar o acesso (Figura 11).

Figura 11: Registro de campo em Cachoeira do Campo, Ouro Preto - MG evidenciando diferentes feições erosivas e suas relações com o entorno.



Fonte: Autoral (2026).

3.4.1 Fatores condicionantes

A presença de sulcos, ravinas e voçorocas, são formas de erosão encontradas em praticamente todo o Sudeste (Gomes e Filizola, 2021). Conforme visto acima, estas são associadas a uma combinação de fatores condicionantes naturais como: solos, topografia, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo e práticas conservacionistas (Guerra *et al.*, 2018).

Solos arenosos são mais vulneráveis à erosão pelo fato de seus partículas serem mais soltas e não possuem tanta resistência quanto ao arrasto exercido pela água, enquanto solos mais estruturados, como os argilosos, são mais resistentes por permitirem que a água se infiltre mais rapidamente, reduzindo o escoamento na superfície e, por consequência, o próprio processo erosivo (Silva, 1995).

Gomes e Filizola (2021) associam a maior parte das ocorrências de voçorocas a solos com textura arenosa e média, mas, uma pequena parte tem influência de solos argilosos, como o Latossolo, quando diz:

“[...] deve-se principalmente à presença de um horizonte C altamente erodíveis, proveniente da alteração de arenitos feldspáticos com intercalações de argilitos e siltitos pertencentes à Formação Aquidauana, que facilita o aprofundamento erosivo e a interceptação do lençol freático, desenvolvendo fenômenos de piping (processos de erosão interna no solo)”.

Ferreira (2005) afirma que a ordem dos cambisolos são os solos mais suscetíveis ao voçorocamento. O autor complementa que estes solos possuem horizontes A e B relativamente rasos, sobre um horizonte C (material de origem/saprolito) que, segundo (Parzanese, 1991) é altamente erodível, favorecendo o desenvolvimento de voçorocas.

Para Silva (1995), a inclinação e o comprimento do terreno são fatores decisivos para a erosão hídrica, uma vez que, terrenos mais íngremes e longos aceleram o escoamento da enxurrada, aumentando o volume de sedimentos que irão ser depositados ao final da encosta.

Do ponto de vista geológico, Parzanese (1991) relaciona a predominância de voçorocas em terrenos cristalinos constituídos por granitóides. Bacellar (2000)

complementa que rochas do embasamento cristalino como granitos e gnaisses possuem maior potencial em “gerar perfis de intemperismo com textura siltosa ou arenosa”, uma vez que, para que ocorra a transformação de ravina para voçorocas, “é preciso que o perfil de intemperismo detenha certa condutividade hidráulica e capacidade de armazenamento de água”, fato esse, característico em rochas sedimentares.

A cobertura vegetal é um dos mais importantes fatores no controle da erosão porque protege a superfície do solo ao diminuir a força da chuva e também ajuda na formação de húmus, que melhoram a quantidade e a estabilidade dos agregados do próprio solo (IBGE, 2009). A vegetação controla a erosão ao funcionar como um escudo, pois a densidade de sua copa, folhas e raízes intercepta a chuva e altera o tamanho das gotas, diminuindo o impacto delas sobre o solo, e por essa razão, ressalta a conservação da cobertura vegetal natural, principalmente das áreas florestadas (Gyssels et al. 2005, apud. Guerra, 2020).

No caso de Cachoeira do Campo, as áreas de pecuária (pastagens), são atreladas ao resultado da intensa e indiscriminada retirada da vegetação nativa durante o ciclo do ouro em Ouro Preto, quando o solo passou a ser utilizado como base de produção de alimentos para a sustentação do município (Maia e Santos, 2018). Desse modo, a monocultura e a pastagem, predominantes em Cachoeira do Campo, são consideradas as principais práticas de uso do solo no Brasil, e, quando manejadas de forma inadequada, aceleram a degradação do solo muito mais rápido do que os processos erosivos naturais (Devide, 2013).

Bacellar (2000) apresenta como conclusão de que a formação das voçorocas em Cachoeira do Campo está direta ou indiretamente ligada às ações antrópicas, apesar de ainda existirem outras condicionantes naturais para o desenvolvimento delas.

3.5 Planejamento e controle frente ao evento das voçorocas através de ferramentas de georreferenciamento

Para (Guerra *et al*, 2020) a contínua degradação dos solos brasileiros, consequência da urbanização e da expansão urbana, está resultando em taxas

elevadas de perdas de solo pelos processos erosivos causados por ravinas e voçorocas. Ademais, levando em conta que as erosões urbanas estão relacionadas à falta de planejamento adequado, considerando as peculiaridades do meio físico, as condições socioeconômicas e as tendências de desenvolvimento da área urbana (Silva et al, 2015), não pode ser mais aceitável que a organização e o planejamento urbano de uma cidade ocorra de qualquer forma (Silva; Moraes, 2018).

Desse modo, através do planejamento é possível prever futuras necessidades, compreender formas de como resolver uma situação da teoria à prática, e entender “quais as mais importantes urgências e necessidades que devam ser enfocadas, analisadas e estudadas durante o ato de planejar” (Menegolla, 2007).

Portanto, o uso de ferramentas de geoprocessamento, como é o caso do QGIS, torna-se um grande aliado para o planejamento estratégico aplicado à gestão de riscos de voçorocas, para, a partir de dados espaciais, ampliar o conhecimento sobre o território e antecipar tomadas de decisões (Vasconcelos et al., 2022).

3.5.1 *Análise Hierárquica de Processos*

Saaty (1977), define o Processo Analítico Hierárquico (AHP) como um método utilizado para tomada de decisões, criado para que, através do pensamento racional e intuitivo, o usuário possa selecionar a melhor dentre variáveis avaliadas em relação a múltiplos critérios.

A escolha deste método se baseou nas análises feitas neste trabalho, principalmente nos tópicos referencial teórico e contexto histórico, nos quais demonstraram que a expansão da mancha urbana é provocada pela combinação de diversos fatores, de modo que cada um deles recebe uma relevância específica baseada em seu grau de importância e intensidade quando comparados.

Dessa forma, a aplicação do modelo consiste, primeiramente, na realização de julgamentos de comparação par a par baseados na Escala de Saaty, cujas notas variam de 1 (menor importância) a 9 (maior importância) conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Escala Saaty de importância.

Intensidade de Importância	Definição
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que
2,4,6,8	Valores intermediários

Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Após atribuir os graus de importância, é necessário elaborar uma matriz quadrada A de ordem $n \times n$, na qual n varia de acordo com a quantidade de variáveis do modelo, conforme o Quadro 2 (Saaty, 1977).

Quadro 2: Matriz de variáveis.

Critérios (i\j)	Critério 1	Critério 2	...	Critério n
Critério 1	1	a_{12}	...	a_{1n}
Critério 2	$1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
...	...	...	1	...
Critério n	$1/a_{1n}$	$1/a_{2n}$	...	1

Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Depois, é necessário somar o valor de cada coluna j da matriz, conforme a Equação I.

$$S_j = \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

Equação I

Então, divide-se cada critério da matriz a_{ij} pelo total da sua respectiva coluna, conforme a Equação II.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{S_j}$$

Equação II

Em sequência, para o cálculo do peso dos critérios, é necessário fazer uma média aritmética dos valores obtidos na linha da matriz pela equação anterior, conforme a equação III:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n}$$

Equação III

onde:

n = número de critérios

Após a obtenção dos pesos, Saaty (1977) define que para validar matematicamente a coerência deles, é necessário calcular a Razão de Consistência (RC) da matriz, conforme a Equação IV.

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

Equação IV

onde:

IC = Índice de consistência

IR = Índice Aleatório

Para o cálculo do Índice de consistência (IC), é necessário obter a variável AW, demonstrada na Equação V, e então utilizada para obtenção da variável Lambda máximo (max), conforme a Equação VI:

$$AW_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} \times W_j)$$

Equação V

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{AW_i}{W_i}$$

Equação VI

Dessa forma, obtendo o valor de λ_{max} , através da equação VI, calcula-se o valor do coeficiente IC citado anteriormente:

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Equação VII

onde n é o número de variáveis totais utilizadas.

Para encontrar o valor do Índice aleatório (IR), utiliza-se uma tabela padronizada no qual Saaty (1977) atribui um valor fixo referente ao número de variáveis (n), conforme o Quadro 3.

Quadro 3: Valores de Índice Aleatório (IR).

Número de Variáveis (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice Aleatório (IR)	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1977).

Ao final, o autor define que o valor de Razão de Consistência obtido deve ser inferior a 0,10 (10%), caso contrário, os julgamentos conferidos na montagem da matriz, isto é, a definição do grau de importância das variáveis, não foram consistentes, necessitando de alterações.

4 CONDICIONANTES LEGAIS DO PARCELAMENTO

Em 20 de Janeiro de 2011, foi promulgada a Lei Complementar N°93, na qual estabeleceu diretrizes e exigências destinadas para o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano no município de Ouro Preto (PMOP, 2026).

Dentre as diretrizes, destaca-se principalmente aquelas previstas para o parcelamento do solo no município, no qual só poderia ocorrer através de loteamentos ou desmembramentos em áreas contidas dentro do perímetro urbano ou de expansão urbana definidas.

4.1 Parâmetros legais para o parcelamento do solo

A Lei Complementar determinou através do art. 19 e 20, uma série de diretrizes legais que permitem ou proíbem o parcelamento do solo no município, com o objetivo de garantir que o crescimento urbano respeite os limites físicos e naturais do terreno.

Dessa forma, para o desenvolvimento deste trabalho, foi levado em conta diversos fatores espaciais e ambientais da região que condicionam o parcelamento do solo no município, como a mancha urbana já existente, a rede de ruas, as distâncias para rios e nascentes, além de áreas sujeitas a inundações, locais de risco, áreas de preservação por declividade e reservas de proteção ambiental⁶ (PMOP, 2026). Ademais, todas as regras e leis que justificam o uso desses critérios estão devidamente detalhadas no Anexo A.

4.2 Zoneamento Urbano

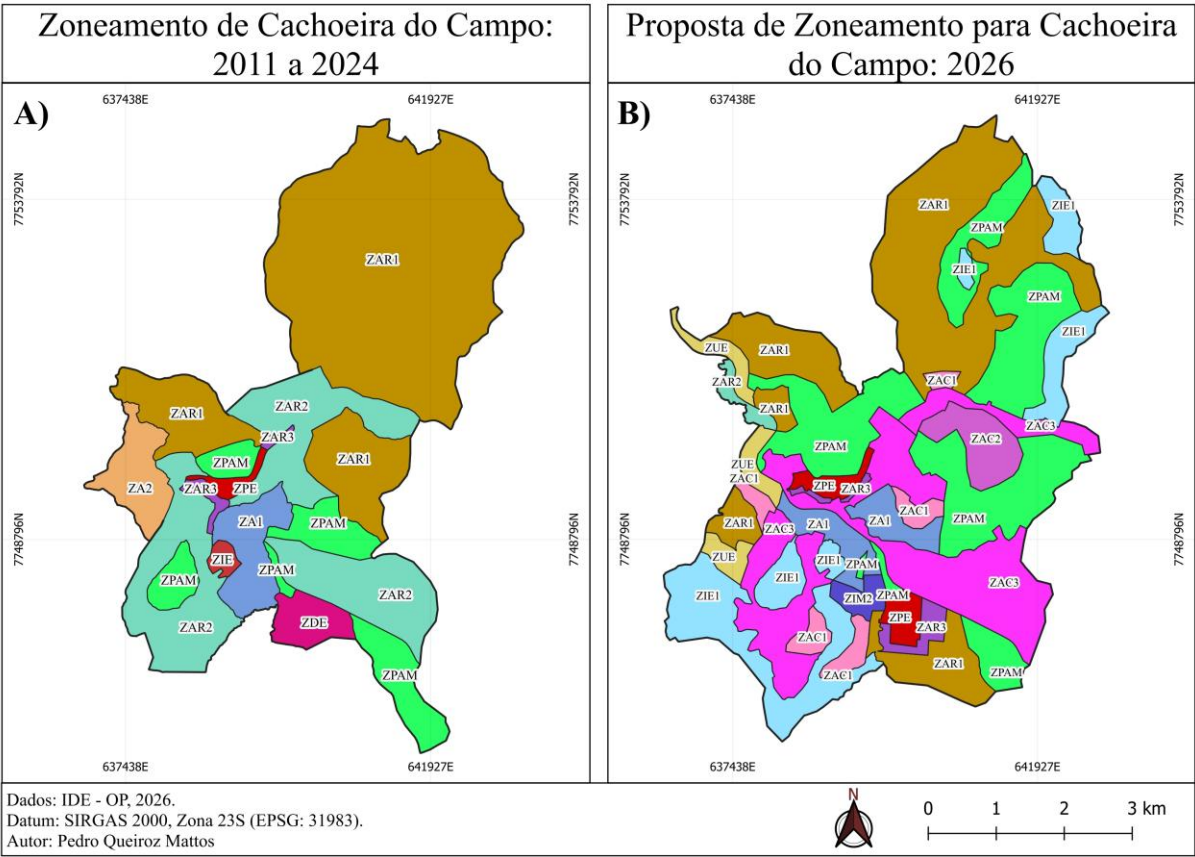
Em 2011, a Lei N° 93 determinou uma subdivisão de áreas, denominado como zoneamento, na qual organizou o território do município em 8 zonas, essas definidas a partir de ressalvas que abrangem ao adensamento, proteções ambientais,

⁶ Ressalta-se que este trabalho considerou apenas as diretrizes encontradas e que trazem impactos na área de estudo.

condições geotécnicas, proteção patrimonial e cultural, infraestrutural e localização de uso (PMOP, 2011).

Atualmente, em 2026, uma nova proposta reformulada de zoneamento segue em andamento no âmbito da revisão do Plano Diretor Participativo. Nele, foram reconfigurados os limites de perímetro urbano e de zoneamento do distrito, como visto na Figura 12.

Figura 12: Comparação entre o zoneamento antigo (mapa A) e o zoneamento proposto (mapa B) para o território de Cachoeira do Campo.



Fonte: Autoral (2026).

Segundo o Caderno de Proposições do Plano Diretor de Ouro Preto, MG (2026) essa reformulação baseou-se na necessidade de enfrentar problemas antigos, como a "pressão do crescimento urbano sobre áreas de risco", a "sobrecarga da infraestrutura urbana" e as "desigualdades territoriais expressivas".

Diante disso, o documento defendeu uma "atualização das categorias de zoneamentos já existentes para que contemplassem as dinâmicas urbanas, transformações de uso e ocupação do solo", de modo a utilizar a nova lei como um instrumento de prevenção à "expansão de ocupações urbanas informais", para garantir "políticas urbanas mais justas, eficientes e sustentáveis para os próximos dez anos".

No que diz respeito a área de estudo, especificamente, a nova proposta trouxe em comparação a antiga, uma delimitação de quatro novas zonas parceláveis: ZAC-1, ZAC-2, ZAC-3, ZUE⁷ e uma zona não parcelável já prevista por condição de voçorocas já diagnosticadas, a ZIE-1⁸. Além disso, foram mantidas, porém, reformuladas, as áreas: ZA-1, ZAR-1, ZAR-2, ZAR-3, ZPE, ZPAM e retirada as áreas: ZA-2, ZDE e ZEIS (PMOP, 2026).

Com o novo modelo, o território perdeu 13,21% de área a ser urbanizada comparado ao antigo modelo, enquanto as áreas não edificáveis (ZPAM e ZIE-1) tiveram um aumento de 290,69%, como mostrado na Tabela 1.

⁷ ZAC-1: Zona de Adensamento Controlado 1 - Adensamento Horizontal.
ZAC 2: Zona de Adensamento Controlado 2 - Adensamento Horizontal Médio.
ZAC-3: Zona de Adensamento Controlado 3 - Médio Adensamento Multifamiliar.
ZUE: Zona de Uso Especial

⁸ ZIE-1: Zona de Intervenção Especial 1.

Tabela 1: Comparação da variação de área entre a antiga e a nova proposta de zoneamento a partir dos dados do IDE - OP.

Zoneamento	Categoria	Área Antiga (m²)	Área Nova (m²)	Diferença (m²)	Resultado
ZIE	Não Parcelável (ZPAM/ZIE)	472.527,25	0	-472.527,25	Diminuiu
ZIE1	Não Parcelável (ZPAM/ZIE)	0	4.841.797,79	4.841.797,79	Aumentou
ZPAM	Não Parcelável (ZPAM/ZIE)	2.963.796,50	8.583.582,20	5.619.785,70	Aumentou
ZA1	Parcelável	1.294.738,06	1.303.073,10	8.335,04	Aumentou
ZA2	Parcelável	1.186.635,19	0	-1.186.635,19	Diminuiu
ZAC1	Parcelável	0	1.087.287,60	1.087.287,60	Aumentou
ZAC2	Parcelável	0	1.008.246,50	1.008.246,50	Aumentou
ZAC3	Parcelável	0	7.491.141,36	7.491.141,36	Aumentou
ZAR1	Parcelável	15.109.734,66	9.560.102,72	-5.549.631,93	Diminuiu
ZAR2	Parcelável	7.883.746,56	224.181,51	-7.659.565,05	Diminuiu
ZAR3	Parcelável	215.363,36	436.913,18	221.549,82	Aumentou
ZDE	Parcelável	732.252,20	0	-732.252,20	Diminuiu
ZIM2	Parcelável	0	347.289,04	347.289,04	Aumentou
ZPE	Parcelável	656.054,50	1.054.174,82	398.120,32	Aumentou
ZUE	Parcelável	0	989.620,74	989.620,74	Aumentou
SUBTOTAL	Parcelável	27.078.524,52	23.502.030,58	-3.576.493,94	Diminuiu
SUBTOTAL	Não Parcelável (ZPAM/ZIE)	3.436.323,75	13.425.379,99	9.989.056,24	Aumentou
TOTAL GERAL	Todas as Zonas	30.514.848,27	36.927.410,57	6.412.562,29	Aumentou

Fonte: IDE - OP (2026).

Além disso, o novo zoneamento proposto também trouxe reformulações nos parâmetros de taxa de ocupação (TO) e taxa de permeabilidade (TP), como analisado na Tabela 2.

Tabela 2: Comparação da variação das taxas de TO e TP entre o antigo e o novo zoneamento no distrito de Cachoeira do Campo.

Zona	Situação	TO Antiga (%)	TO Nova (%)	Variação TO (%)	TP Antiga (%)	TP Nova (%)	Variação TP (%)
ZA-1	Mantida	60	60	0	20	25	5
ZAR-1	Mantida	45	45	0	42,5	45	+2.5
	(Média)						
ZAR-2	Mantida	50	40	-10	30	50	+20
ZAR-3	Mantida	60	60	0	20	20	0
ZPE	Mantida	43	43	0	46,43	42,78	-3.65
	(Média)						
ZAC-1	Adicionada	-	60	-	-	20	-
ZAC-2	Adicionada	-	60	-	-	30	-
ZAC-3	Adicionada	-	50	-	-	30	-
ZUE	Adicionada	-	50	-	-	30	-
ZIM 2	Adicionada	-	66,67	-	-	30	-
	(Média)						
ZIE 1	Adicionada	-	-	-	-	-	-
ZA-2	Retirada	70	-	-	20	-	-
ZDE	Retirada	50	-	-	30	-	-
ZIE	Retirada	55	-	-	25	-	-
	(Média)						

Fonte: Adaptado de Caderno de Proposições do Plano Diretor de Ouro Preto, MG (2026).

A nova proposta trouxe uma redução de 10% na TO da zona ZAR-2 e 3,65% de redução na TP da zona ZPE. Além disso, as zonas ZA-1, ZAR-1 e ZAR-2 tiveram um aumento na TP de 5%, 2,5% e 20% respectivamente. Também, vale destacar que a zona ZAC-1, quando comparada às outras zonas, foi uma das que apresentaram maiores TO e menores TP, com valores de 60% e 20%, respectivamente.

Embora essas alterações nos parâmetros urbanísticos tenham como objetivo ordenar o crescimento, é preciso compreender como essa nova proposta se comporta, na prática, diante da vulnerabilidade física do território apresentada nos capítulos anteriores.

É nesse contexto que se insere o capítulo a seguir, dedicado a simular onde novos parcelamentos tendem a se consolidar e como eles interagem com os riscos

ambientais e geológicos da região, utilizando o SIG como uma das principais ferramentas metodológicas.

5 METODOLOGIA

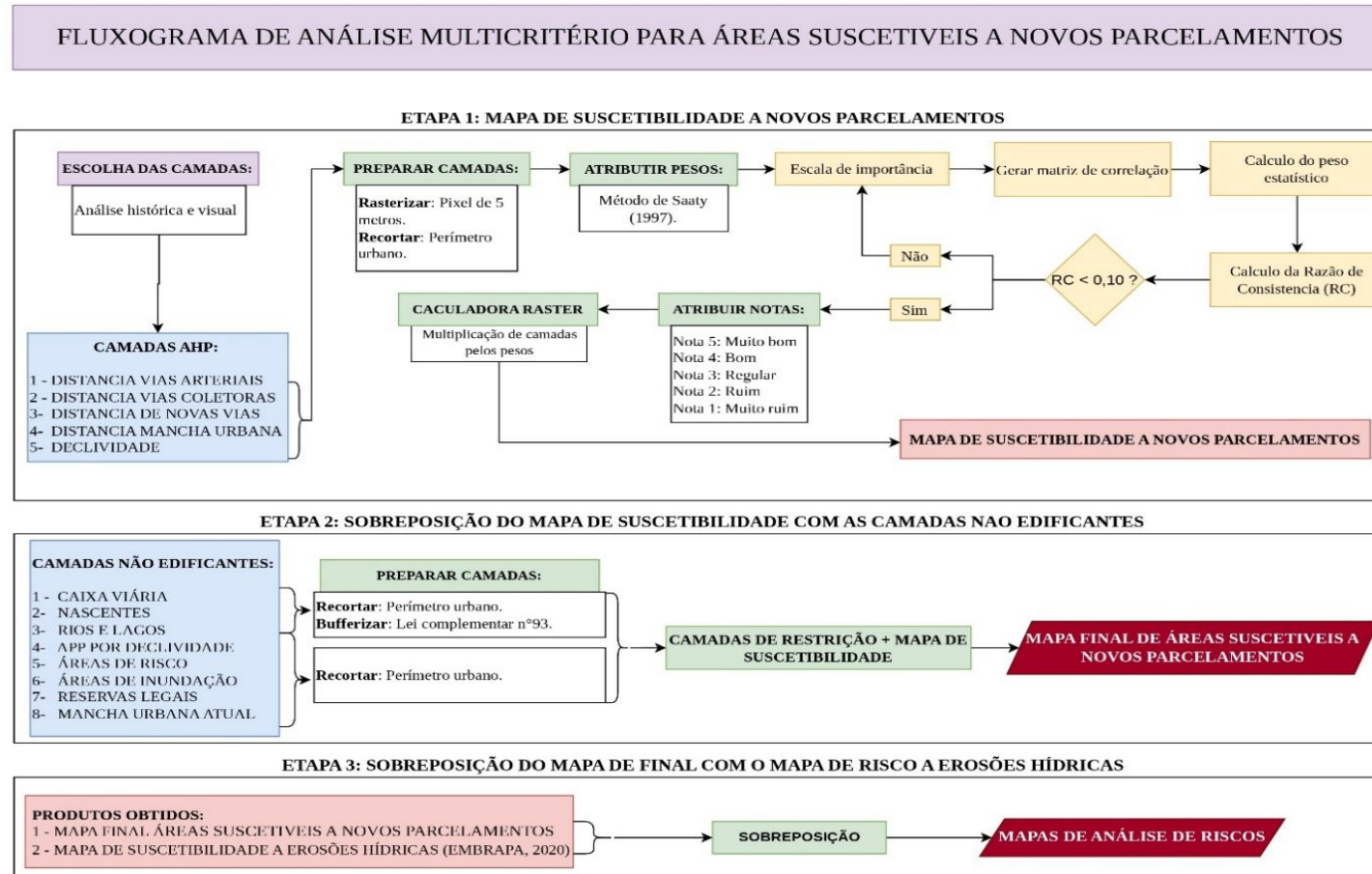
A metodologia deste trabalho foi baseada principalmente no uso do método AHP (Análise Hierárquica de Processos), desenvolvida pelo autor Thomas Saaty (1977).

Para o desenvolvimento dela, foi utilizado como principal ferramenta o *software* de georreferenciamento QGIS, no qual se tornou indispensável para realizar processos como manipulação de camadas em geral, atribuição de notas e pesos aos critérios, análises históricas e visuais, cálculo de *rasters*, elaboração de todos os mapas, entre outros.

Para o desenvolvimento da metodologia, foram abordadas três etapas principais: a Etapa 1 foi responsável pela obtenção do mapa *raster* de potencialidade a novos parcelamentos através do método AHP; a Etapa 2 onde foi realizada a adição das camadas não edificantes ao mapa obtido na Etapa 1; e a Etapa 3 que consistiu na sobreposição do mapa obtido na Etapa 2 e o mapa de suscetibilidade a erosões hídrica (Embrapa, 2020).

Todas as etapas da metodologia podem ser visualizadas na Figura 13 abaixo.

Figura 13: Fluxograma metodológico.



Fonte: Autoral (2026).

5.1 Etapa 1: Mapa de potencialidade a novos parcelamentos pelo método AHP

Para o desenvolvimento desta etapa, primeiramente, foi necessário definir quais as variáveis necessárias para a aplicação. Através de uma análise histórica e visual da área de estudo, definidas nos tópicos caracterização da área (2) e embasamento teórico (3), optou-se por utilizar as variáveis: vias arteriais; vias coletoras; novas vias, mancha urbana e declividade.

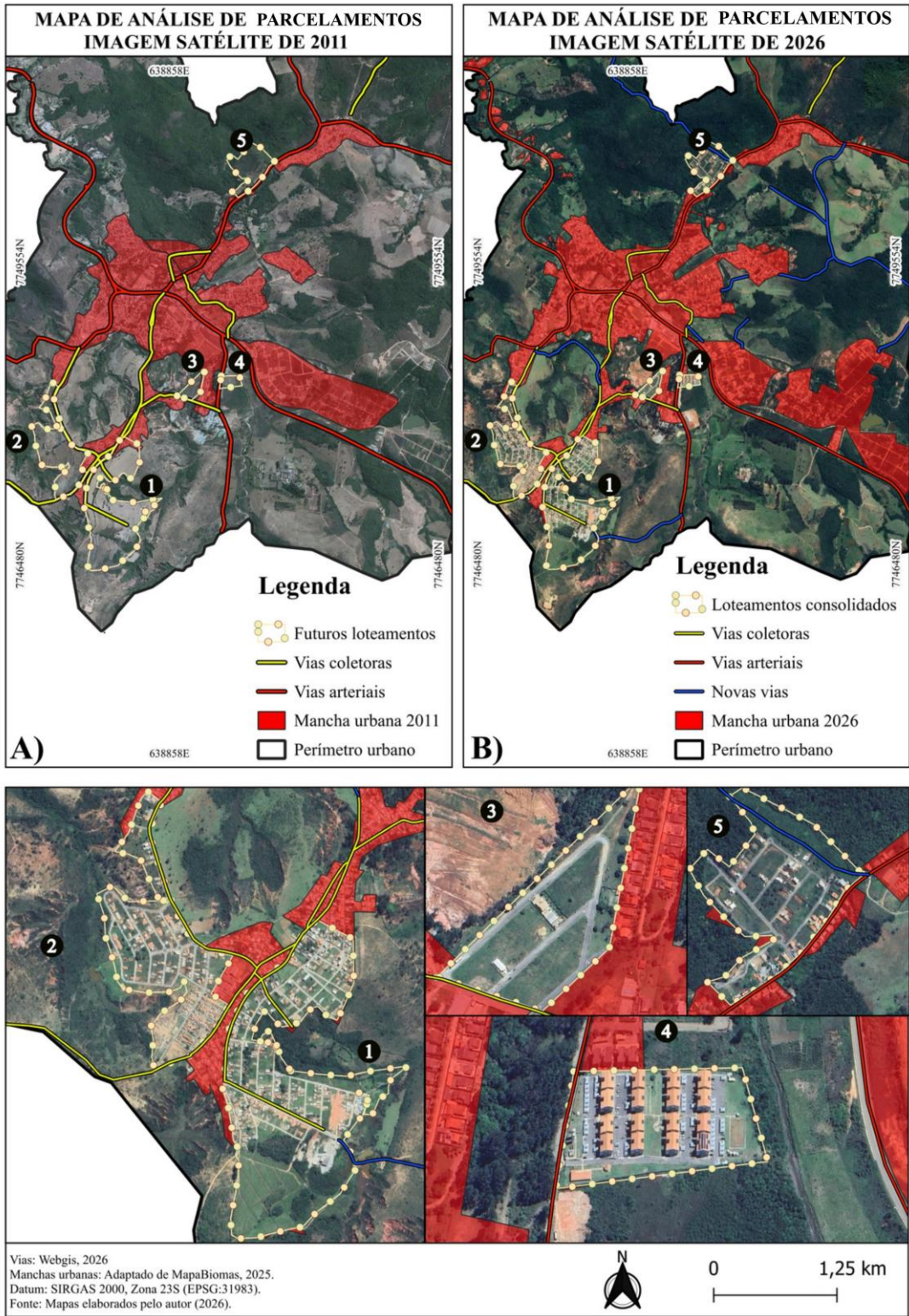
Desse modo, foi importado os shapefiles das camadas vias arteriais, vias coletoras, novas vias e mancha urbana provenientes do Geoportal de Ouro Preto (IDE - OP, 2026), nas quais passaram pelos seguintes processos: converter vetor em raster (com pixels de 5 metros), recortar raster pela camada máscara (utilizando o perímetro urbano do distrito) e proximidade (distância raster).

Já para a variável declividade, foi importado a imagem *raster* do modelo digital de elevação do satélite global Alos Palsar, que passou pelos seguintes processos: reprojetar coordenadas (transformando o raster original de 12,5 para pixels de 5 metros), declividade (utilizando em porcentagens ao invés de graus), recortar raster pela camada da máscara.

Com as camadas iniciais preparadas com a mesma resolução e extensão, foram realizados os processos definidos por Saaty (1977) para obter os pesos. Sendo assim, foi necessário definir a escala de importância das variáveis, ou seja, o quanto uma variável é mais importante que outra, para depois realizar a montagem da matriz de comparação.

Para definir essa escala, foi realizada uma sobreposição de imagens de satélite dos anos de 2011 e 2026 para mapear cinco parcelamentos consolidados nesse período, e, a partir deles, adicionar as camadas de mancha urbana, vias arteriais, vias coletoras e novas vias, de forma a relacionar a integração dessas variáveis com o surgimento desses empreendimentos, como demonstrado na Figura 14.

Figura 14: Mapa de análise histórica e visual da relação de novos parcelamentos com as variáveis escolhidas para o procedimento da AHP (A - imagem de satélite de 2011; B - imagem de satélite 2026).



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

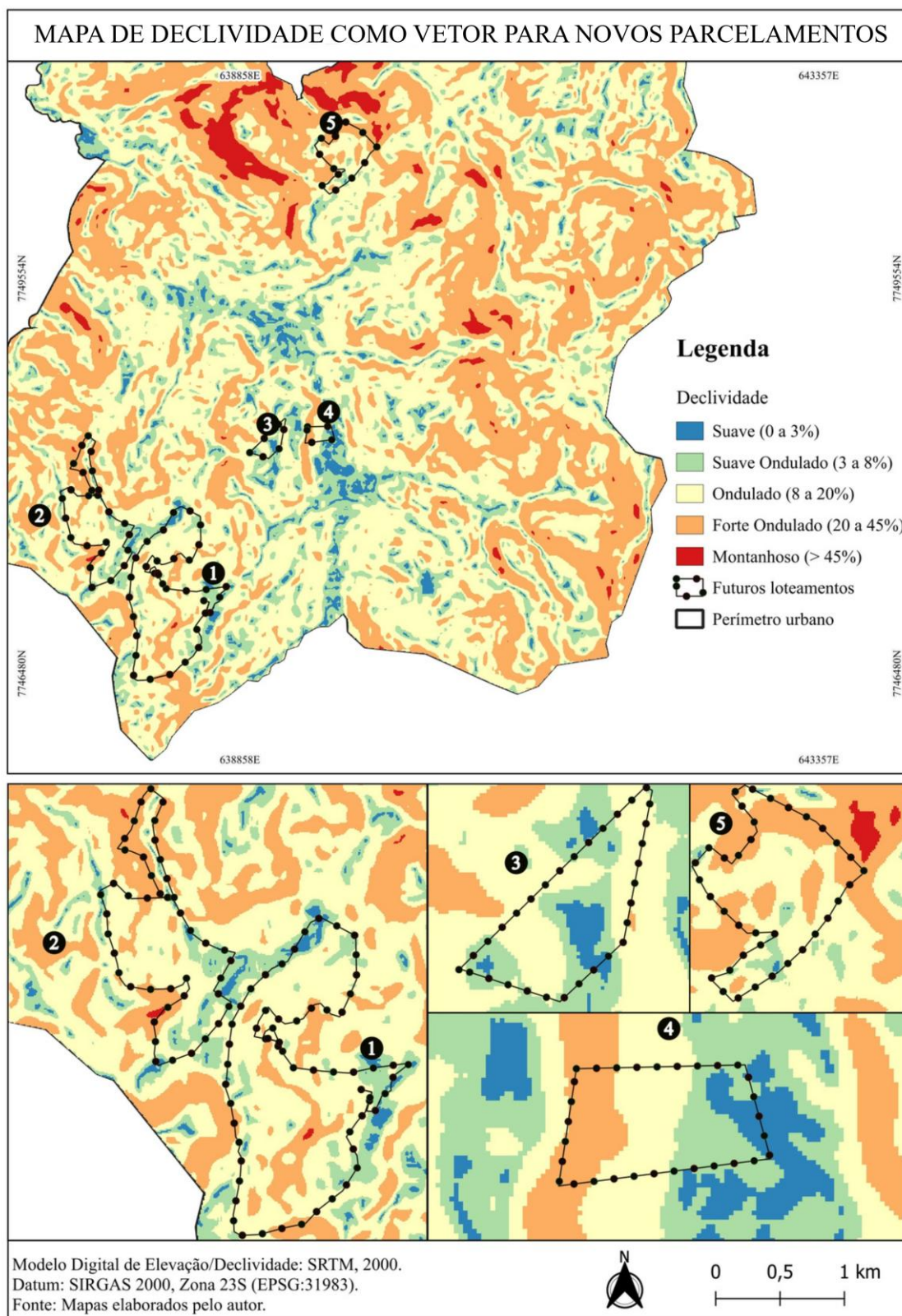
Na análise da Figura 14, a variável proximidade de mancha urbana recebeu nota 1 (Igualmente importante) quando comparada à via arterial e via coletora. Essa atribuição justifica-se pelo fato de que os parcelamentos analisados foram inseridos adjacentes a esses dois tipos de vias.

A variável proximidade de via arterial, recebeu nota 3 (moderadamente mais importante) em relação via coletora e nota 5 (fortemente mais importante) em relação a novas vias. A nota 3 justifica-se pelo peso histórico da via arterial na acessibilidade (conforme abordado nos tópicos 2 e 3) e na conexão entre distritos vizinhos. Contudo, as vias coletoras possuíram boa participação na atratividade dos parcelamentos analisados, justificando esta nota. Já a nota 5 fundamenta-se do fato de as arteriais estarem plenamente consolidadas e em uso, enquanto as diretrizes viárias são projeções futuras que ainda não estão com infraestrutura completa.

A variável proximidade de via coletora recebeu nota 4 (valor intermediário entre moderadamente e fortemente) em relação às diretrizes viárias (novas). Isso foi fundamentado devido à alta associação com os parcelamentos 1, 2 e 3. Também, por já serem funcionais no território, foi considerado que as coletoras têm prioridade frente às vias planejadas.

Para a análise da declividade, foi realizada a sobreposição de uma camada de declividade (%) extraída do modelo digital de elevação (MDE) do satélite SRTM dos anos 2000, como visto na Figura 15 abaixo. Assim, foi comparado, através da Tabela 3, quais classes foram mais incidentes sobre o território dos futuros parcelamentos em comparação às classes dispostas pelo perímetro urbano em geral.

Figura 15: Mapa de análise da declividade como vetor para novos parcelamentos.



Fonte: Autoral (2026).

Tabela 3: Tabela de análise das classes de declividade.

Classes de Declividade (Embrapa, 1979)	Área Cachoeira do Campo (m²)	% Cachoeira do Campo	Área parcelamentos (m²)	% parcelamentos
Suave (0 a 3%)	172.435	2,3%	145	2,54%
Suave Ondulado (3 a 8%)	844.960	11,27%	1.050	18,37%
Ondulado (8 a 20%)	3.605.740	48,09%	3.350	58,62%
Forte Ondulado (20 a 45%)	2.756.865	36,77%	1.150	20,12%
Montanhoso (> 45%)	117.280	1,56%	20	0,35%
Total	7.497.280	100%	5.715	100%

Fonte: Autoral (2026).

A declividade foi a variável de menor relevância no modelo, recebendo nota 7 (muito fortemente menos importante) quando confrontada com via arterial, via coletora e mancha urbana. Essa pontuação justifica-se pelo fato de os parcelamentos analisados terem se consolidado em sua maioria sobre a classe "ondulado (8 a 20%)", correspondendo a 58,62% da área deles (Tabela 3). Além disso, a grande disponibilidade desta classe sobre o perímetro urbano de Cachoeira do Campo (Figura 15), tendeu a demonstrar que a declividade não é um fator tão impeditivo para o parcelamento.

Por fim, a variável proximidade de novas vias presente nas reformulações do Plano Diretor e do Plano de Mobilidade Urbana recebeu nota 1 (Igualmente importante) em relação à mancha urbana e nota 3 (Moderadamente mais importante) frente à declividade. A escolha da nota 1 se baseou no fato dela ser um tipo de via que foi planejada, para no futuro, acompanhar o vetor de crescimento da mancha urbana. Já a nota 3 fundamentou-se na ideia do planejamento viário ser mais importante do que o fator topográfico do território, no qual foi já analisado na Figura 15 e Tabela 3, anteriormente.

Após a análise completa da relação de todas as variáveis, foi montado a tabela de escala de importância (Quadro 4).

Quadro 4: Tabela de escala de importância das variáveis.

Variável A	Variável B	Escala de Importância	Definição
Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Via Arterial	1	Igualmente importante
Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Via Coletora	3	Moderadamente mais importante
Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	5	Fortemente mais importante
Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Mancha Urbana	1	Igualmente importante
Proximidade de Via Arterial	Declividade	7	Muito fortemente mais importante
Proximidade de Via Coletora	Proximidade de Via Coletora	1	Igualmente importante
Proximidade de Via Coletora	Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	4	Valores intermediários
Proximidade de Via Coletora	Proximidade de Mancha Urbana	1	Igualmente importante
Proximidade de Via Coletora	Declividade	7	Muito fortemente mais importante
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	1	Igualmente importante
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	Proximidade de Mancha Urbana	1	Igualmente importante
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	Declividade	3	Moderadamente mais importante
Proximidade de Mancha Urbana	Proximidade de Mancha Urbana	1	Igualmente importante
Proximidade de Mancha Urbana	Declividade	7	Muito fortemente mais importante
Declividade	Declividade	1	Igualmente importante

Fonte: Autoral (2026).

Após a montagem do quadro de escalas, foi feita a matriz de correlação, como visualizado na Tabela 4, abaixo. A matriz foi completada a partir da nota atribuída de cada relação realizada no Quadro 4 acima.

Tabela 4: Matriz de correlação.

	Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Via Coletora	Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	Proximidade de Mancha Urbana	Declividade
Proximidade de Via Arterial	1,000	3,000	5,000	1,000	7,000
Proximidade de Via Coletora	0,333	1,000	4,000	1,000	7,000
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	0,200	0,250	1,000	1,000	3,000
Proximidade de Mancha Urbana	1,000	1,000	1,000	1,000	7,000
Declividade	0,143	0,143	0,333	0,143	1,000
Soma da coluna	2,676	5,393	11,333	4,143	25,000

Fonte: Autoral (2026).

Depois, foi realizado os cálculos para a matriz de pesos, demonstrados na tabela 5.

Tabela 5: Tabela da matriz de pesos.

	Proximidade de Via Arterial	Proximidade de Via Coletora	Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	Proximidade de Mancha Urbana	Declividade	Peso (W)	Peso (%)
Proximidade de Via Arterial	0,374	0,556	0,441	0,241	0,280	0,3785	37,85%
Proximidade de Via Coletora	0,125	0,185	0,353	0,241	0,280	0,2369	23,69%
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	0,075	0,046	0,088	0,241	0,120	0,1141	11,41%
Proximidade de Mancha Urbana	0,374	0,185	0,088	0,241	0,280	0,2337	23,37%
Declividade	0,053	0,026	0,029	0,034	0,040	0,0368	3,68%

Fonte: Autoral (2026).

Após a obtenção dos pesos, foi necessário realizar os cálculos para determinar o RC, como visualizado nos quadros 5 e 6.

Quadro 5: Valores calculados de AW e lambda máximo.

Variáveis	Vetor AW	AW / W (Lambda)
Proximidade de Via Arterial	2,150	5,682
Proximidade de Via Coletora	1,310	5,533
Proximidade de Diretrizes Viárias (Novas)	0,593	5,195
Proximidade de Mancha Urbana	1,220	5,221
Declividade	0,196	5,335

Fonte: Autoral (2026).

Quadro 6: Valores calculados para obtenção do RC.

Lambda Máximo (λ máx.)	5,393	Média da coluna AW / W
n (Número de Variáveis)	5,000	Quantidade de critérios analisados
Índice de Consistência (IC)	0,098	Fórmula: $(\lambda \text{ max} - n) / (n - 1)$
Índice Aleatório (IR)	1,120	Tabelado por Saaty: Para $n=5$, o IR é 1.12
Razão de Consistência (RC)	0,087	Fórmula: $RC = IC / IR$

Fonte: Autoral (2026).

Desse modo, o valor de RC obtido foi de 0,087, sendo menor do que 0,10 (valor máximo proposto por Saaty), indicando que a escala de importância atribuída foi coerente.

Após a aprovação dos pesos pelo coeficiente RC, as camadas passaram pelo processo de reclassificação. Foram definidas cinco classes, cujas notas variam da

maior (5) à menor (1), classificadas como: muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim, conforme o quadro 7. As classes foram separadas dessa maneira de modo a compatibilizar com o mapa de Embrapa, 2019, no qual será sobreposto futuramente. Além disso, o padrão de 5 intervalos é sugerido na seção *Graduated Classification* da lição de Classificação de Dados Vetoriais do *QGIS Training Manual*, 2026.

Quadro 7: Escala de reclassificação das variáveis.

Escala de Classes	Distância de Via Arterial (m)	Distância de Via Coletora (m)	Distância de Novas Vias (m)	Distância de Mancha Urbana (m)	Declividade (%)
5 (Muito Bom)	D < 500	D < 500	D < 500	D < 500	0 a 20
4 (Bom)	500 - 1000	500 - 1000	500 - 1000	500 - 1000	-
3 (Razoável)	1000 - 1500	1000 - 1500	1000 - 1500	1000 - 1500	20 a 45
2 (Ruim)	1500 - 2000	1500 - 2000	1500 - 2000	1500 - 2000	-
1 (Muito Ruim)	> 2000	> 2000	> 2000	> 2000	> 45

Fonte: Autoral (2026).

A escolha dos valores das distâncias da via arterial, via coletora e mancha urbana foi baseada em uma análise histórica e visual dos parcelamentos presentes atualmente no perímetro urbano do distrito (Figura 14). A análise demonstrou que os parcelamentos estão consolidados na vizinhança dessas variáveis, o que justificou a adoção da distância mínima a partir de 0 metros. Por sua vez, a distância máxima foi fixada em um raio de 500 metros, limite que compreende a extensão total do maior parcelamentos mais recente do distrito (Figura 14).

Ademais, para a variável de novas vias, a distância foi considerada a mesma (D < 500), devido ao fato de a análise histórica não poder abranger esse critério.

Por fim, para a variável de declividade, foi proposto que os valores de declividade de 0 a 20% recebessem a melhor nota (5), devido ao fator econômico e do fato de que o histórico de consolidação dos antigos parcelamentos possui esta média, já

analisado anteriormente na Tabela 3. A nota 3 (razoável) foi atribuída para as classes entre “ 20 a 45%”, devido a fator econômico e também da exigência de laudos emitida pela prefeitura no que tange declividades entre 30 a 45%. Por fim a nota 1 (muito ruim) foi justificada pelo fato de relevos com essa inclinação serem destinados pelo setor público a áreas de preservação permanente (PMOP, 2011).

Ao final, após a reclassificação dos critérios foi feito a multiplicação das camadas com relação aos seus respectivos pesos, através da equação VII.

$$\begin{aligned} \text{Raster de suscetibilidade a novos parcelamentos} = & (\text{"Declividade"} \times 0.0368) + \\ & (\text{"Distância de novas vias"} \times 0.1141) + (\text{"Distância de via coletora"} \times 0.2369) + \\ & (\text{"Distância de mancha urbana"} \times 0.2337) + (\text{"Distância de via arterial"} \times 0.3785) \end{aligned}$$

Equação VIII

5.2 Etapa 2: Sobreposição do mapa de potencialidade com as camadas não edificantes.

A segunda etapa da metodologia consistiu na preparação de todas as camadas não edificantes presentes no território do distrito, já mencionadas em 4.1 do referencial teórico e anexadas no Anexo A, para depois sobrepô-las ao mapa obtido na etapa 1.

Para isso, a preparação dos dados baseou-se no recorte de todas as camadas para o polígono do perímetro urbano já utilizado na Etapa 1. Depois, foi aplicado um *buffer* sobre as camadas de nascentes, lagos, hidrografia e caixa viária visando compatibilizar com os parâmetros legais, conforme detalhado no Quadro 8.

Quadro 8: Quadro de camadas restritivas.

Camada	Data	Fonte	Buffer(m)	Descrição
Mancha urbana consolidada	2026	Adaptado de Mapa Biomas, 2025	-	Delimitação da área urbana densamente construída e consolidada.
Largura da caixa viária (partindo do eixo)	2023	IDE - OP	5 (média)	Malha viária com caixas de rua, arruamentos e sistema viário municipal.
Distância da hidrografia	2024	IDE - OP	30	Buffers e delimitação de faixas marginais a partir da rede hidrográfica.
Distância de nascentes e lagos	2023	IDE - OP	50 e 30	Áreas de projeção e buffers de proteção no entorno de nascentes e corpos d'água lânticos.
Áreas de inundação	2016	IDE - OP	-	Mapeamento de manchas de inundação histórica ou modelagem de cheias.
App por declividade	2023	IDE - OP	-	Áreas de Preservação Permanente por alta declividade.
Áreas de risco	2024	IDE - OP	-	Polígonos de risco alto e muito alto a movimentos de massa e escorregamentos.
Area de reservas legais	2023	IDE - OP	-	Delimitação das Reservas Legais averbadas ou declaradas nas propriedades rurais.
Áreas de voçorocas (ZIE) e ZPAM	2025	IDE - OP	-	Zonas de Interesse Ambiental (ZPAM) e feições erosivas severas (ZIE).

Fonte: Autoral (2026).

5.3 Etapa 3: Obtenção do mapa de análise de riscos

Para a etapa final da metodologia, foram sobrepostos os mapas obtidos nas etapas 1 e 2 do mapa de suscetibilidade à erosão hídrica desenvolvido pela Embrapa (2020). A escolha desse mapeamento para relacionar a potencialidade a novos parcelamentos com o desenvolvimento de novas voçorocas baseou-se no fato de sua modelagem considerar a interpolação de fatores essenciais como a erodibilidade dos solos, a erosividade das chuvas e a topografia do terreno (Embrapa, 2020).

Além disso, devido à indisponibilidade de cartas geotécnicas específicas para o surgimento de voçorocas, o mapa de erosão hídrica geral foi adotado como a

alternativa mais confiável para apontar a fragilidade potencial do terreno à evolução delas, embora se reconheça que a formação dessas feições envolve também outros fatores adjacentes que já foram abordados no referencial teórico deste trabalho.

Dessa forma, para a análise de risco, optou-se por utilizar apenas o nível "muito alta", representado pela classe 5 do mapa. Essa decisão foi tomada já que o mapeamento original não engloba todas as variáveis necessárias para o surgimento de voçorocas. Assim, essa classe isolada foi adotada como uma zona de restrição crítica para os possíveis parcelamentos.

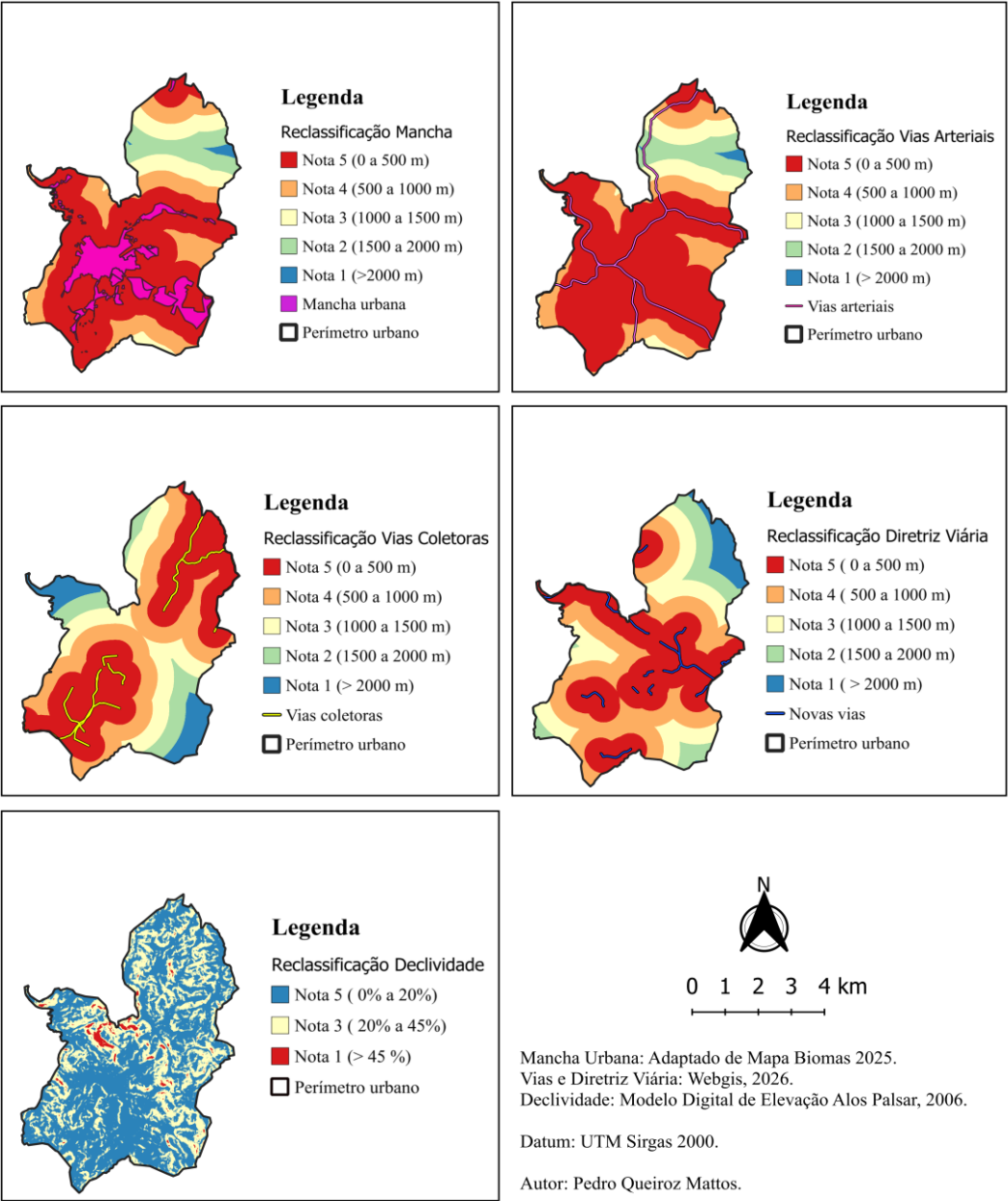
Então, o arquivo foi exportado do Geoportal da Embrapa para o *software* QGIS, no qual foi recortado para a extensão do perímetro urbano e alterado a simbologia para somente a classe de muito alta suscetibilidade.

Também, através da sobreposição, foi desenvolvido um quadro comparativo entre as áreas legalmente parceláveis, as áreas com potencial a serem loteadas, as áreas com muita alta suscetibilidade à erosão hídrica e os parâmetros urbanísticos (capítulo 4.1) vigentes na proposta atual do Plano Diretor.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados iniciais, a primeira etapa gerou os mapas de critérios reclassificados (Figura 16), que mostra a nota de atratividade de cada variável analisada em proporção a distância em metros.

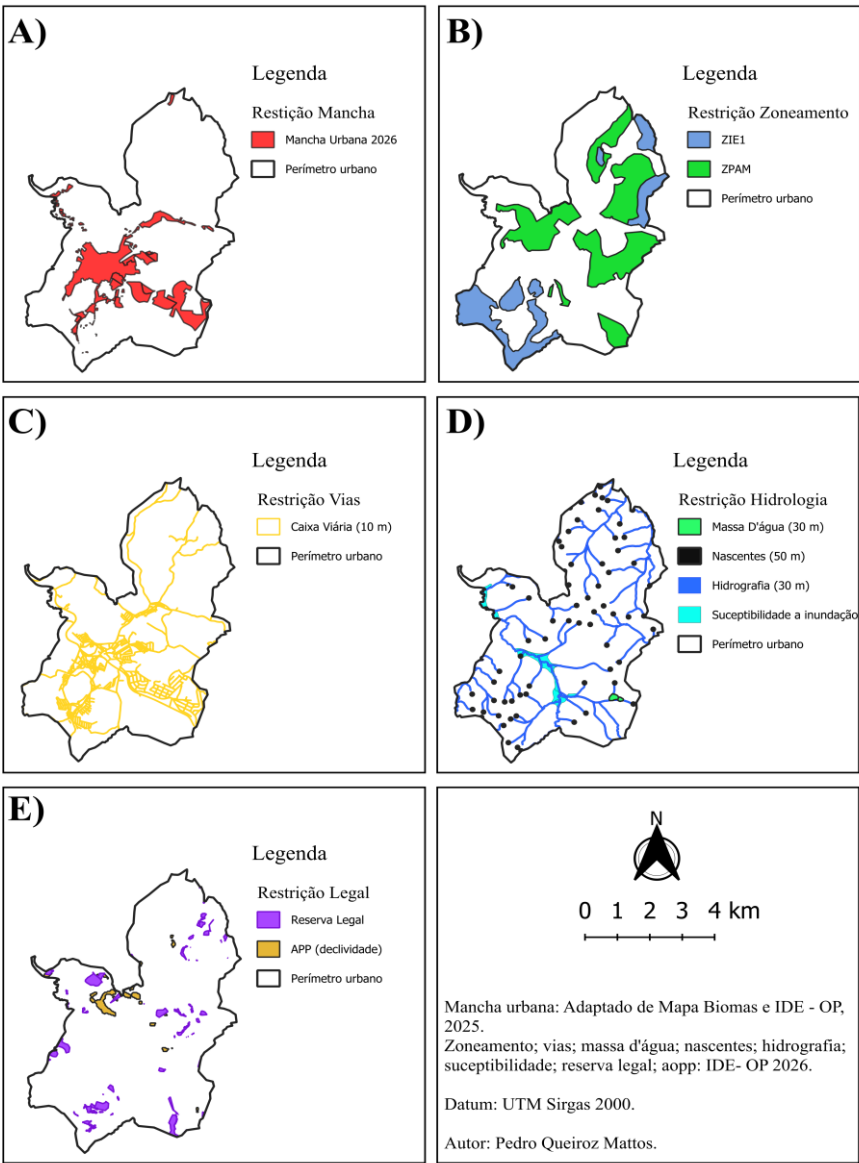
Figura 16: Mapa de camadas reclassificadas de acordo com as notas atribuídas na metodologia.



Fonte: Autoral (2026).

Também, inicialmente, a segunda etapa produziu os mapas de camadas restritivas (Figura 17), no qual aponta os limites legais do território onde o parcelamento do solo é proibido por lei, como as áreas de preservação permanente por declividade, margens de rios, nascentes, reserva legal, áreas de risco a inundação, zona de interesse especial (ZIE) (voçorocas) e zonas de proteção ambiental (ZPAM).

Figura 17: Mapa de camadas restritivas baseadas no Anexo A.



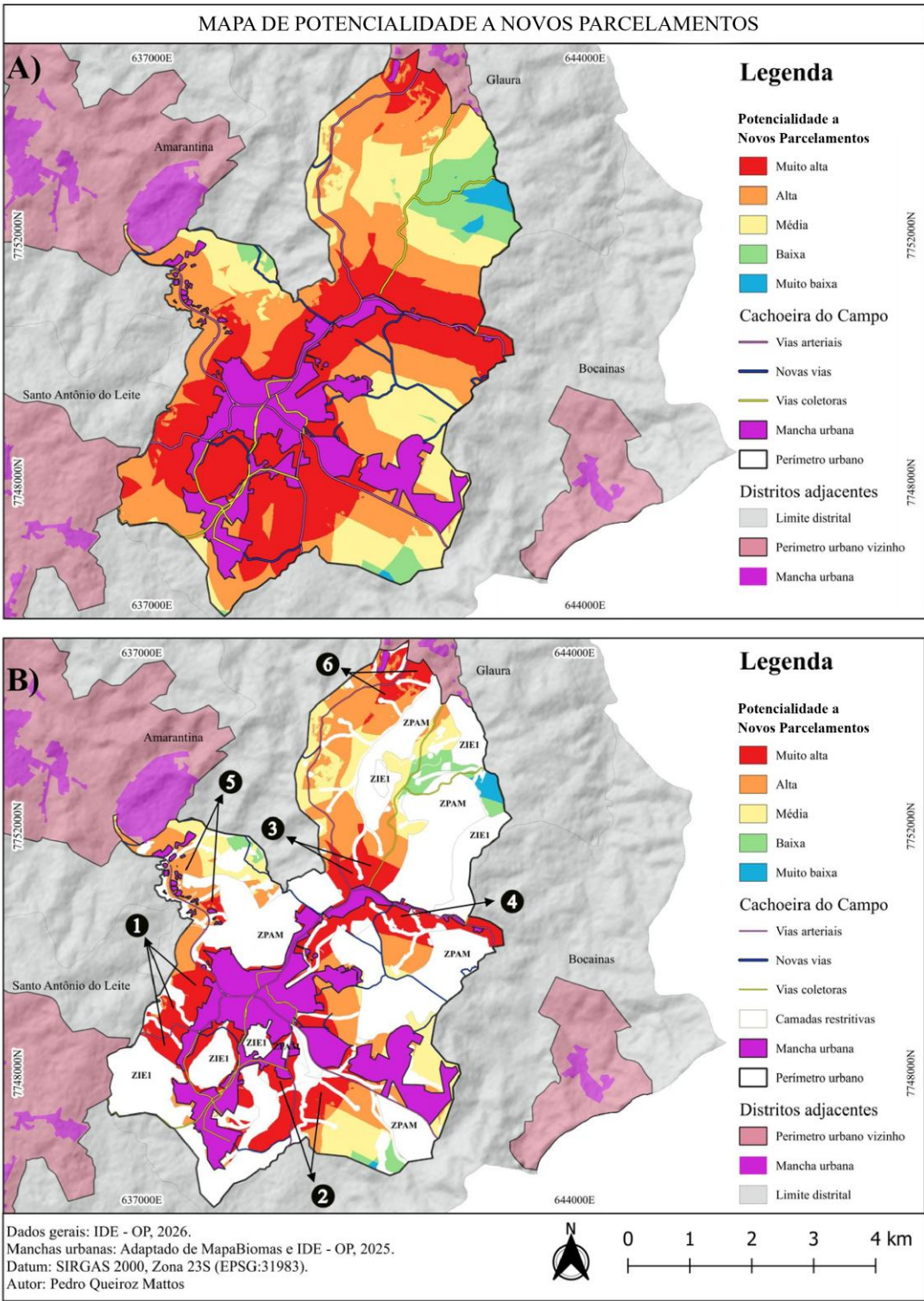
Fonte: Autoral (2026).

A partir desses dados, foram elaborados os mapas de potencialidade a novos parcelamentos, apresentados na Figura 18 A e Figura 18 B.

O mapa “A” apresenta o produto direto do método AHP no qual demonstra a tendência da classe muito alta (em vermelho) a se estabelecer nas interseções entre as camadas de distância de vias, mancha urbana e baixa declividade, indicando melhores condições físicas, topográficas e locacionais, sendo as áreas mais suscetíveis a serem parceladas. A medida com que essas interseções ficam mais distantes ou inexistentes, as classes inferiores vão perdendo correlação, indicando uma queda no potencial.

O mapa “B” indicou, através das camadas restritivas, os vetores nos quais os novos parcelamentos (a classe de maior potencial) tendem a prevalecer legalmente no território.

Figura 18: A) Mapa de potencialidade a novos parcelamentos; B) Mapa de potencialidade a novos parcelamentos com as áreas de restrições legais ao parcelamento.



Fonte: Autoral (2026).

Nota-se que há um direcionamento de uma área de muita alta potencialidade (mancha vermelha) a oeste da mancha urbana central do distrito (número 1), integrando uma extensão de via arterial conectada a uma mancha urbana existente, caracterizando uma potencial conurbação com o distrito adjacente de Santo Antônio do Leite, porém impedida por uma grande zona de ZIE (voçorocas) (Figura 18 - B).

Mais a sudeste do perímetro urbano de Cachoeira do Campo (número 2) evidencia também uma vasta área favorável à expansão, porém um pouco desconexa da mancha urbana por impedimento de uma zona de ZIE e uma área suscetível à inundação (Figura 18 - B).

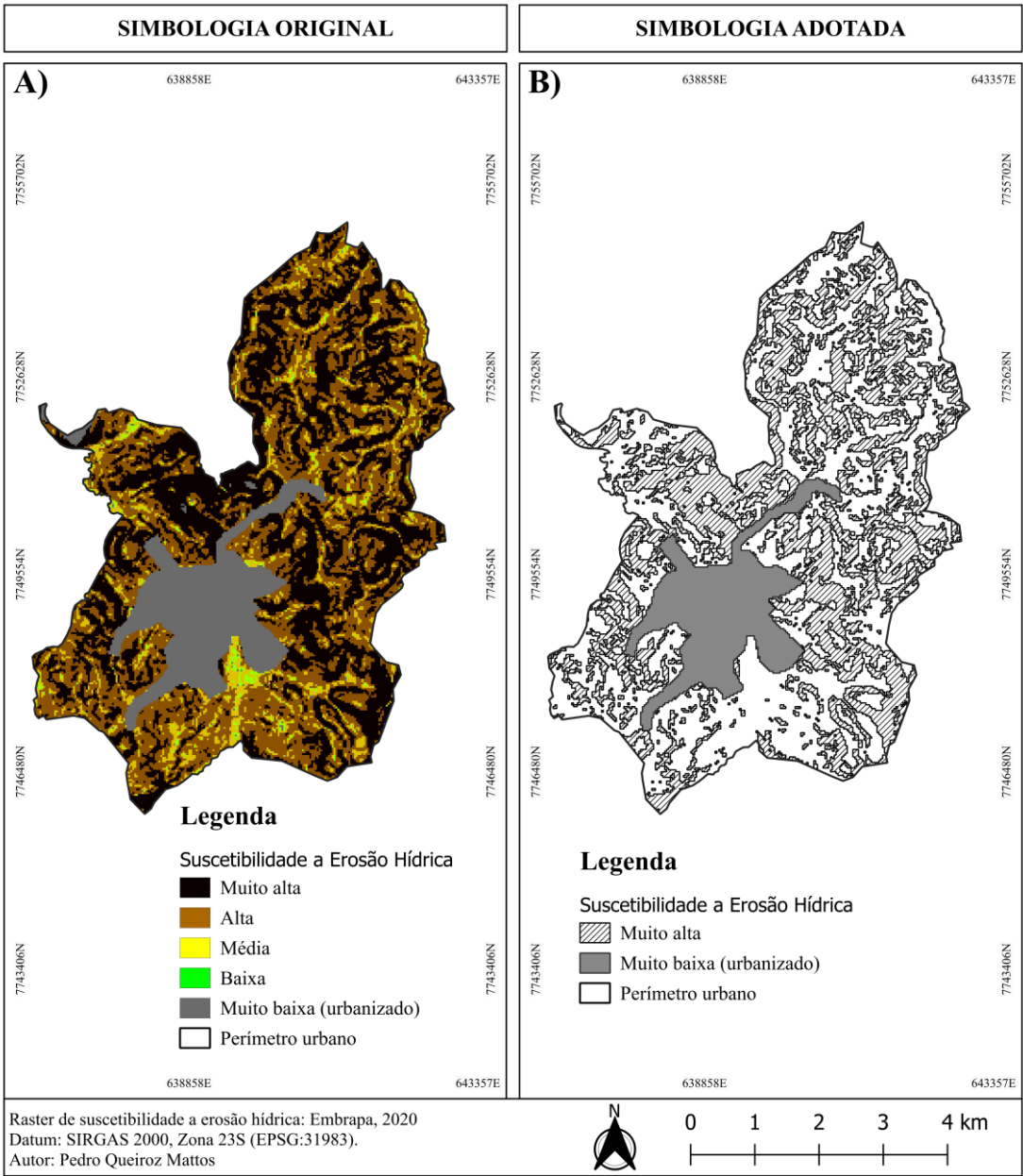
A nordeste da grande mancha urbana, destaca-se também uma expressiva área de grande potencial (número 3), na qual é muito promissora devido a integração de uma via arterial a esquerda e uma via coletora, a direita, além de ter somente uma área de nascente e hidrografia como restrição. Além disso, mais a leste desta área (número 4), também se destacam áreas de muita alta potencialidade e disponíveis para serem integradas à mancha urbana junto a uma via arterial.

Já a noroeste da mancha urbana central (número 5), destaca-se uma grande área de ZPAM como uma barreira, impedindo que parcelamentos se ancoram a mancha urbana já existente (o núcleo central de Cachoeira do Campo e o condomínio Paragem do Tripuí, já em Amarantina). Contudo, pequenos fragmentos de lotes próximos a ela estão consolidados perto de uma via arterial (BR - 356), indicando alta potencialidade e tendendo a uma possível conurbação com o distrito de Amarantina.

Por fim, a norte do perímetro urbano de Cachoeira do Campo (próximo a Glaura) (número 6), nota-se uma vasta área da classe muito alta ao sul da mancha urbana e próxima a uma via arterial.

A terceira etapa da metodologia apresentou como resultado inicial a nova simbologia adotada para o mapeamento de erosão hídrica da Embrapa (2020), representada na Figura 19.

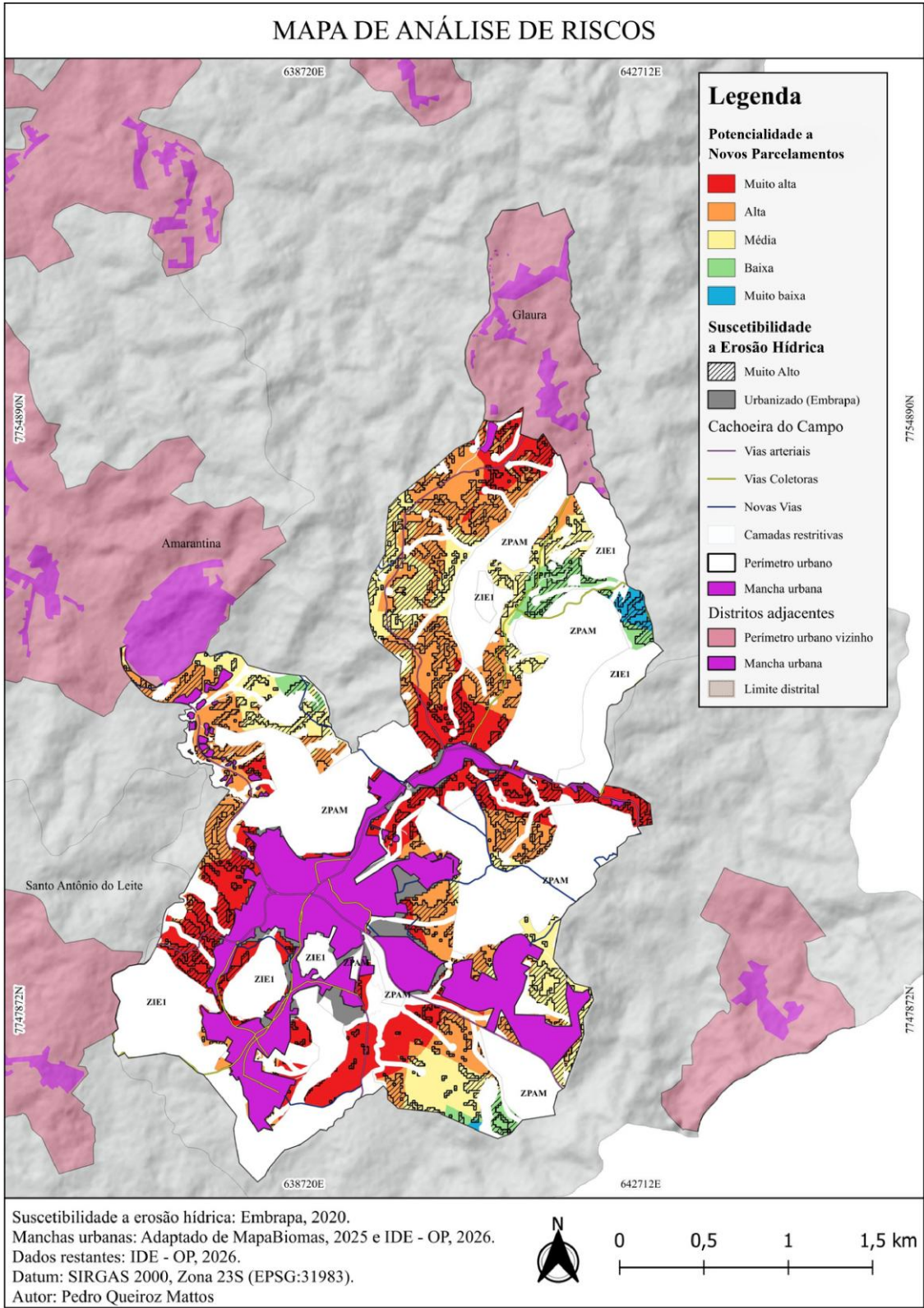
Figura 19: Representação da simbologia adotada: Foi realizado uma filtragem da simbologia original (Mapa A) da classe muito alta para interpretação dos resultados.



Fonte: Autoral (2026).

Como produto final da etapa 3, obteve-se o mapa de análise de riscos (Figura 20). Essa integração permitiu, por meio da sobreposição de camadas dos mapas anteriores, uma visão preventiva sobre o possível surgimento de futuras voçorocas em relação ao avanço da mancha.

Figura 20: Mapa de análise de riscos ao desencadeamento de processos erosivos severos.

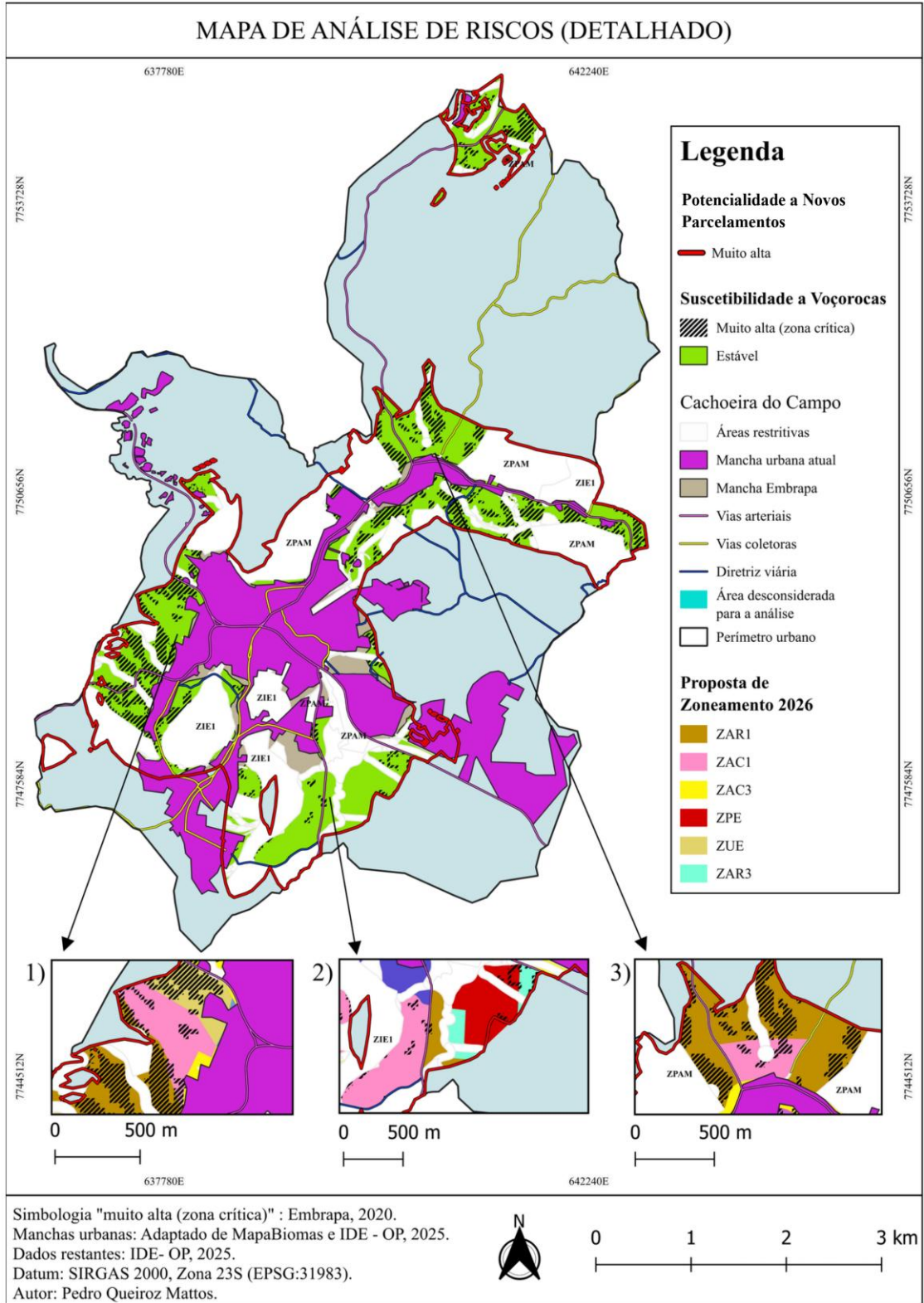


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Pela Figura 20 pode-se observar que grande parte do território a ser potencialmente parcelado está sujeita ao mais alto nível de risco a erosão hídrica. Diante da forte tendência de ocupação destas áreas (evidenciado pela mancha vermelha e laranja), a abertura de novos parcelamentos poderá contribuir para que processos erosivos se desenvolvam ou se acelerem, resultando em novas voçorocas.

Então, para uma avaliação mais detalhada, foi criado um mapa considerando somente a área indicada como a mais provável de ser urbanizada (nota 5 - mancha vermelha) para ser analisada. Dessa forma, obteve-se o cenário mais crítico possível: áreas com o maior potencial de parcelamento junto a áreas com muita alta suscetibilidade a erosão hídrica (Figura 21).

Figura 21: Mapa para análise de riscos (detalhado): Relação entre áreas possivelmente estáveis em adjacência a áreas de risco que tendem ao voçorocamento e suas respectivas zonas propostas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A análise do mapa de riscos (Figura 21), indica que algumas porções do território ficaram parcialmente fora da zona de risco (estáveis), como é o caso das regiões destacadas pelos números 1,2 e 3. Estas áreas enumeradas foram sobrepostas com a proposta de zoneamento vigente, no qual se destacaram a Zona de Adensamento Restrito 1 (ZAR-1), Zona de Adensamento Controlado 1 (ZAC-1), Zona de Adensamento Controlado 3 (ZAC-3), Zona de Proteção Especial (ZPE), Zona de Uso Especial (ZUE) e Zona de Adensamento Restrito 3 (ZAR-3). Como resultado dessa análise mais refinada, foi constatado que as áreas destacadas 1 e 3 possuem uma mescla de risco de erosão estável com trechos de muito alto risco, enquanto a área 2 demonstrou estar em condições quase que totalmente estáveis.

Logo, de forma a entender como as taxas de ocupação (TO) e as taxas de permeabilidade (TP) se comportam no modelo gerado, o Quadro 9, compara esses parâmetros urbanísticos em áreas estáveis, críticas ou em ambas. A ideia principal é poder inserir uma relação entre as TO e TP vigentes na atual proposta do Plano Diretor e então obter resultados sobre as adjacências com as áreas de muito alto risco.

Quadro 9: Relação de TO e TP por zona e condição de risco: A linha em vermelho representa a zona que precisa de maior atenção.

Áreas	Zona	Condições	TO	TP
1	ZAC-1	Estável	60%	20%
	ZAR-1	Crítica	45%	45%
	ZUE	Crítica	50%	30%
2	ZAR-1	Estável	45%	45%
	ZAC-1	Estável	60%	20%
	ZPE	Estável	43%	42,78%
	ZAR-3	Estável	60%	20%
3	ZAC-1	Estável e crítica	60%	20%
	ZAR-1	Estável e crítica	45%	45%

Fonte: Autoral (2026).

A análise da área 1 revela que embora a zona ZAC-1 esteja classificada em uma condição estável, essa área apresenta uma taxa de ocupação elevada (60%) combinada a uma baixa permeabilidade (20%). Na prática, essa configuração

impediria uma maior infiltração da água no solo gerando volume de escoamento superficial. Esse volume, por sua vez, pode acabar sendo direcionado para as zonas adjacentes (ZAR-1 e ZUE), que já se encontram em condição crítica.

Em contrapartida, a área 2 expõe um cenário muito favorável com praticamente todas as suas áreas classificadas como estáveis, não havendo a necessidade de intervenções nos parâmetros vigentes.

Por fim, a área 3 apresenta uma configuração mista, onde condições estáveis e críticas se mesclam nas mesmas zonas. A área ZAC-1 reaparece como principal contribuinte para as áreas críticas, especialmente quando os parcelamentos podem tender a se estabelecerem nestas áreas devido à alta TO. Por outro lado, a zona ZAR-1 mostra-se balanceada, quando comparada a ZAC-1, chegando a TO e TP de 45%.

Dessa forma, o Plano Diretor deve integrar os aspectos físicos e institucionais com vista ao ordenamento seguro da cidade, atuando de forma precisa no quesito zoneamento. Nesse sentido, delimitar essas áreas seguras no mapa, como demonstrado nos minimapas de 1 a 3, funciona como uma estratégia para gerenciar o uso do solo na região e orientar a expansão urbana antes mesmo que o crescimento aconteça e entre em conflito com os riscos geológicos/ambientais.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho foi concluído com o propósito demonstrar através de um produto cartográfico, a tendência do crescimento urbano de Cachoeira do Campo, impulsionado principalmente pela proximidade com as vias e mancha urbana consolidada, sobre as possíveis áreas que apresentam risco de erosão hídrica severa. A ideia é que a contribuição dessa pesquisa não seja direcionada somente para o mapa de riscos final, mas também ao estudo do direcionamento da mancha urbana no distrito pelo mapa de potencialidade obtido, o qual se comprova por utilizar pesos validados matematicamente e filtrados por uma análise histórica da expansão real do distrito.

De fato, o território ainda tem muitas áreas disponíveis para o parcelamento legal, contudo, grandes partes delas estão tendendo a serem consolidadas em áreas adjacentes a um solo altamente erodível, frágil a ação da chuva ou topograficamente desfavorável a ação hídrica. Dessa forma, é proposto como solução destiná-las a um zoneamento onde a taxa de ocupação e taxa de permeabilidade sejam proporcionais, criando um zoneamento específico para cada uma delas através do Plano Diretor.

Diante disso, entende-se os benefícios que as novas propostas do Plano Diretor do município irão trazer ao distrito com o novo zoneamento e reformulação dos parâmetros urbanísticos, mas, como demonstrado nos resultados da pesquisa, mudanças em zonas específicas, como é o caso da ZAR-1, podem trazer resultados promissores para o território.

Além disso, vale destacar que este trabalho apresenta limitações pelo fato de ter adotado o mapa de suscetibilidade à erosão da Embrapa, que possui um caráter generalista e trabalha em uma escala global. Como esse mapeamento utilizado não trabalha em cima de estudos de campos específicos, o tema fica aberto para que novos trabalhos acadêmicos aprofundem a discussão.

Por fim, o ideal é que futuras pesquisas possam aderir a ideia principal do tema e integrar esta análise de crescimento urbano com estudos específicos e detalhados de campo sobre o comportamento das voçorocas no distrito, levando a construção de um

mapa de risco mais preciso e eficiente para guiar um planejamento ambientalmente seguro.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil: POTENCIALIDADES PAISAGÍSTICAS**. Ateliê Editorial. Livro. 2003.

ALMEIDA, D.A.M ; GUARDA, M.L.V. **Assoreamento da bacia do Rio Maracujá**. Artigo. 2018.

ALFONSIN, B. de M. **Planejamento Urbano e Plano Diretor no contexto de gestão democrática pós-Estatuto da Cidade**. Instituto Brasileiro de Direito Urbanístico (IBDU). Artigo. 2015.

ANDRADE, A.G; PORTOCARRERO, H; CAPECHE, L.C. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas**. Comunicado Técnico, n. 33, 2005.

ASIA AIR SURVEY; NEXTGIS, 2025.

BACELLAR, L A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos, e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Geotecnia), 2000.

BACELLAR, L. de A. P. **Interações recíprocas entre relevo, água e voçorocas: estudo de caso da região do Complexo Bação – Minas Gerais**. Artigo de Revisão. 2023.

BOHRER, A. F.; ROCHA, T. C. T.; CRUZ, J. A. da. **As estradas de Vila Rica à Cachoeira do Campo: dos antigos caminhos à estrada de Dom Rodrigo José de Menezes**. Instrumentos de salvaguarda e suas interfaces com a memória de São Bartolomeu, Ouro Preto. Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. (Trabalho de congresso), 2016.

BRASIL. **Artigo 182 da Constituição Federal de 1988**. Jusbrasil. 2025.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 25, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional**. Presidência da República. 1937.

BRASIL. **Lei Nº 6.766, de 19 de Dezembro de 1979**. Presidência da República. Lei. 1979.

CASSILHA, G. A.; CASSILHA, S. A. **Planejamento Urbano e Meio Ambiente**. IESDE Brasil S.A, 2009.

CAZORLA, I. M.; HENRIQUES, A.; SANTANA, C. V. **O papel dos ostensivos na representação de variáveis estatísticas qualitativas**, v. 34., 2020.

CHEROBIN, S. F. **Estimativa de Erosão e sua Relação com os Diferentes Mecanismos Erosivos Atuantes: Estudo da Voçoroca Vila Alegre**. Universidade Federal de Ouro Preto. (Dissertação de mestrado), 2012.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed., 1980.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS (CNM). **O Plano Diretor como instrumento de Desenvolvimento Urbano Municipal: orientações para o processo de elaboração e revisão do Plano Diretor**. Confederação Nacional de Municípios (CNM). Cartilha. 2013.

COSTA, H. R. de O. **CIDADE, AMBIENTE E INJUSTIÇA: O PAPEL DO PLANEJAMENTO URBANO NA QUALIDADE AMBIENTAL**. Geografia, v.48, n.1, 2023.

DEVIDE, A. C. P. **História Ambiental do Vale do Paraíba**. Tese (Doutorado). 2013.

DOMINGUES, A. **Formas e escalas da urbanização difusa – interpretação e intervenção no de Portugal**. Revista INFOGEO. Volume 14.1999.

FERREIRA, V.M. **Voçorocas no município de Nazareno, MG: Origem, uso da terra e atributos do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras. (Tese de Mestrado) . 2005.

FIGUEIREDO F. D. B.; SILVA J. J. A. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**. Revista Política Hoje, v. 18, n. 1, 2009.

FIGUEIREDO, M. do A.; FABRIS, J. D.; VARAJÃO, A. F. D. C.; COUCEIRO, P. R. da C.; LOUTFI, I. S.; AZEVEDO, I. de S.; GARG, V. K. **Óxidos de ferro de solos formados sobre gnaiss do Complexo Bação, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Artigo. 2006.

- FILHO, F. G. B. **Política urbana e princípios de direito urbanístico: repercussões no Estado contemporâneo**. Tese de do utorado. 2013.
- FILIZOLA, F. H.; GOMES, M. A. F.. **Formação de voçorocas**. EMBRAPA. 2021.
- FONSECA, M. V. **Escola e Status Racial em Cachoeira do Campo/MG no Século XIX**. 2015.
- GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1984.
- GARIGLIO, M.A. **Utilização de Revestimento Vegetal na Proteção contra Erosões**. São Paulo: ABGE, 1987.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 3. ed., 2007.
- GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O.; RANGEL, L. A.; BEZERRA, J. F. R.; LOUREIRO, H. A. S.; GARRITANO, F. N. **EROSÃO DOS SOLOS, DIFERENTES ABORDAGENS E TÉCNICAS APLICADAS EM VOÇOROCAS E EROSÃO EM TRILHAS**. Revista de Geomorfologia, v. 1, n. 1, 2020.
- GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 6ª ed. 2014.
- GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. C. O. **Gully Erosion and Land Degradation in Brazil: A Case Study from São Luís Municipality, Maranhão State**. 2018.
- GUIMARÃES, P.R.B. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. 1.ª edição, 2008.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5. ed. AMGH, 2011.
- HERZ, N.; HURLEY, P. M.; PINSON, W. H.; FAIRBAIRN, H.W. **AGE MEASUREMENTS FROM A PART OF THE BRAZILIAN SHIELD**. Geological Society of America Bulletin, v. 72. 1961.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População no último censo: Censo 2022: População e Domicílios**. Ouro Preto. IBGE, 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ouro Preto/MG. Informações sobre a formação administrativa do município. IBGE, 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Censo Demográfico 2022: Características das pessoas e domicílios**. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA, 2022.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2. ed., 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mapa de Solos do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Metadados. 2019.

KARR, J. R.; SCHLOSSER, I. J. **Water resources and the landwater interface Science**. 1978.

MAGALHÃES J. A. P. **DINAMICA FLUVIAL QUATERNÁRIA DO RIO MARACUJÁ, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG)**. Artigo. 2012.

MAIA, L. C.; SANTOS, G. R. dos. **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SOBRE OS PROCESSOS DESNUDACIONAIS RECORRENTES EM CACHOEIRA DO CAMPO - OURO PRETO/MG**. Artigo de Simpósio. 2018.

MAPBIOMAS. **Coleções MapBiomias**. MapBiomias. 2025.

MARX, M. **Cidade brasileira**. Ed. da Universidade de São Paulo. 1980.

MENEGOLLA, M ; S., I.M. **Porque planejar? Como planejar?** 2007.

MINAS GERAIS. **Arquivo Público Mineiro**. Sistema Integrado de Acesso ao Arquivo Público Mineiro (SIAAPM). 2025.

MINAS GERAIS. **LEI Nº 20.922, DE 16 DE OUTUBRO DE 2013**. Assembleia Legislativa de Minas Gerais. Lei. 2013.

NASCIMENTO, E. **PRODUÇÃO DE UMA TOPOGRAFIA SOCIAL URBANA**. Artigo. 2012.

OLIVEIRA, C. V. de; BRAGA, L. T. P. **O Uso do Solo como Intesificador dos Processos de Voçorocamento em Cachoeira do Campo - MG**. Conference Paper. 2008.

OLIVEIRA, E. B. S. **Algumas considerações sobre o zoneamento urbano: o exemplo do município de Gandu-BA**. Artigo. 2012.

OLIVEIRA, L. D.; SOBREIRA, F. G. **Crescimento Urbano de Ouro Preto-MG entre 1950 e 2004 e Atuais Tendências**. Revista Brasileira de Cartografia. 2015.

OURO PRETO. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. **WEBGIS**. Conjunto de Dados Geoespaciais, 2026.

OURO PRETO. **Lei Complementar nº 29, de 28 de dezembro de 2006. Estabelece o Plano Diretor do Município de Ouro Preto**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2006.

OURO PRETO. **LEI COMPLEMENTAR Nº 93 DE 2011**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. Lei Complementar. 2011.

OURO PRETO. **Lei nº 178, de 21 de novembro de 1980. Institui o Código de Posturas de Ouro Preto**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 1980.

OURO PRETO. **Lei Orgânica do Município de Ouro Preto, 1990**. Câmara Municipal de Ouro Preto. 2025.

OURO PRETO. **Leis Municipais**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2025.

OURO PRETO. **Lista de Bens Tombados: Todas as Esferas**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2025.

OURO PRETO. **Plano Diretor: Apresentação**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto, 2025.

OURO PRETO, Secretaria Municipal de Cultura e Turismo. **Cachoeira do Campo**. Prefeitura Municipal de Ouro Preto. 2025.

OURO PRETO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Caderno de proposições: revisão do plano diretor e legislação complementar**. Documento técnico. 2026.

MIYAZAKI, P.L.C. **Elaboração da carta de compartimentação geomorfológica para estudo do relevo na área urbana de Ituiutaba (MG)**. Espaço em Revista. 2017.

PARZANESE, G.A.C. **Gênese e desenvolvimento de voçorocas em solos originados de rochas granitóides na região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais**. 1991.

PEIXOTO, R. **Diagnóstico Ambiental dos Garimpos de Topázio Imperial no Alto Maracujá, sub-bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais**. Ouro Preto, 2004.

PEREIRA, R.C. **MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A MOVIMENTOS DE MASSA NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG**. Monografia (Especialização), 2013.

QUEIROZ, A.G; Oliveira C.Z; Paulo, J; Dolce M.F. **Proposta De Ficha De Campo Para Caracterização De Voçorocas No Distrito De Cachoeira Do Campo, Ouro Preto – MG**. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research, v.3, n.4, 2020.

RAMALHO, D. de S. **Degradação ambiental urbana e pobreza: a percepção dos riscos**. Artigo. 1999.

RIBEIRO, M. de F. **O IPTU COMO INSTRUMENTO DE INTERVENÇÃO NO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO URBANO CONFORME DISPOSIÇÕES DO ESTATUTO DA CIDADE**. Artigo. 2002.

SAATY, T. L. **A scaling method for priorities in hierarchical structures**. Journal of Mathematical Psychology. 1977.

SANTOS, M. **A URBANIZAÇÃO BRASILEIRA**. Editora Hucitec. Livro. 1993.

SAYEGH, L. **Um estudo sobre a cidade de Ouro Preto**. Universidade de São Paulo. Dissertação de mestrado, 1983.

SILVEIRA, P. M. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em Rios: EMBRAPA Meio Ambiente**. 2004.

SCHADLICK, M. G.; MEZA, M. L. F. G. de. **Plano Diretor como uma ferramenta de planejamento urbano para o Desenvolvimento Sustentável**. Artigo de Encontro Nacional. 2023.

SILVA, Maria Sonia Lopes. **ESTUDOS DA EROSÃO**. 1995.

SILVA, M.S.G; Lobón, G.S; Ferreira, N.C; Scalize, P.S. **Análise evolutiva de processo erosivo acelerado em uma área urbana da cidade de Goiânia**. Revista Monografias Ambientais, v. 14, n. 2, 2015.

SOBREIRA, G. F. **Estudo das Erosões de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG. Escola de Minas**. 1998.

SOUZA, N.C; Arruda N.S; Toyama, D; Lollo, J.A. **DINÂMICA ESPACIAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E DEGRADAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CLARO (SP)**. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019.

TEIXEIRA, R. dos S. **Uma conjuntura de aparências: a não construção de um sistema municipal de planejamento urbano em Ouro Preto**. Universidade Federal de Minas Gerais. (Tese de doutorado), 2015.

WADT, P.S.G. **Práticas de Conservação do Solo e Recuperação de Áreas Degradadas**. Documentos, n. 90, 2003.

YAMU, C.; VAN NES, A.; GARAU, C. Bill Hillier's Legacy: **Space Syntax — A Synopsis of Basic Concepts, Measures, and Empirical Application**. Sustainability. 2021.

YUNÉN, RAFAEL EMÍLIO. Medio Ambiente Urbano: Marco Conceptual. In: **Quiénes Hacen Ciudad? Ambiente Urbano y Participación Popular**: Cuba, Puerto Rico, República Dominicana.1997.

ANEXO A – LEI COMPLEMENTAR Nº 93, DE 20 DE JANEIRO DE 2011, DO
MUNICÍPIO DE OURO PRETO – MG .

CAPÍTULO III – DO PARCELAMENTO DO SOLO

Art. 19 Não é permitido o parcelamento do solo em terrenos:

- II. sujeitos a inundações, enquanto não forem tomadas providências que assegurem o escoamento das águas;
- IV. com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, observado o disposto nos §§1º e 2º deste artigo;
- V. nas áreas degradadas ou naquelas em que seja tecnicamente comprovado que as condições geológicas não aconselham a edificação;
- VI. contiguos a mananciais, cursos d'água, águas dormentes e demais recursos hídricos;
- VIII. alagadiços;
- X. em áreas de preservação ambiental, nos termos da legislação vigente.

§1º No caso de parcelamento de glebas com declividade de 30% (trinta por cento) a 45% (quarenta e cinco por cento), o projeto deve ser acompanhado de laudo emitido pelo Responsável Técnico, atestando a viabilidade de se edificar no local.

§2º A declaração a que se refere o parágrafo anterior deve estar acompanhada da anotação de Responsabilidade Técnica do laudo geotécnico respectivo, conforme exige o Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura - CREA/MG.

Art. 20 Os parcelamentos devem atender às seguintes condições:

I. é obrigatória a reserva de faixas *non aedificandae*:

a) ao longo de águas correntes, com largura mínima de 30,00m (trinta metros) em cada lado, a partir da margem;

b) ao longo de águas dormentes, com largura mínima de 50,00m (cinquenta metros) em cada lado, a partir da margem;

c) num raio mínimo de 50,00m (cinquenta metros) ao redor de nascentes ou olhos d'água, ainda que intermitentes;

d) nos parcelamentos realizados ao longo das faixas de domínio público de rodovias, ferrovias e dutos, com largura mínima de 15,00m (quinze metros) de cada lado das faixas de domínio;