

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Thaisa Daniele Apóstolo Nogueira

**PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BELO HORIZONTE**

**Belo Horizonte
2023**

Thaisa Daniele Apóstolo Nogueira

**PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BELO HORIZONTE**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais, na área de Gestão da Paisagem.

Orientador: Prof. Dr. Bráulio Magalhães Fonseca

**Belo Horizonte
2023**

N778p
2023

Nogueira, Thaisa Daniele Apóstolo.

Priorização de áreas para aplicação de políticas de pagamento por serviços ambientais em Belo Horizonte [manuscrito] / Thaisa Daniele Apóstolo Nogueira. – 2023.

155 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Bráulio Magalhães Fonseca.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2023.

Área de concentração: Gestão da Paisagem.

Bibliografia: 144-155.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Planejamento urbano – Belo Horizonte (MG) – Teses. 3. Desenvolvimento sustentável – Belo Horizonte (MG) – Teses. 4. Política ambiental – Belo Horizonte (MG) – Teses. 5. Análise espacial (Estatística) – Teses. I. Fonseca, Bráulio Magalhães. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO PROGRAMA EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS PARA APLICAÇÃO DE POLÍTICAS DE PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS EM BELO HORIZONTE

THAISA DANIELE APÓSTOLO NOGUEIRA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 19 de maio de 2023, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Bráulio Magalhães Fonseca - UFMG - (Doutor)

Ana Clara Mourão Moura - UFMG - (Doutora)

Sônia Maria Carvalho Ribeiro - UFMG - (Doutora)

Belo Horizonte, 19 de maio de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Sonia Maria Carvalho Ribeiro, Professora do Magistério Superior**, em 01/06/2023, às 08:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Clara Mourão Moura, Professora do Magistério Superior**, em 02/06/2023, às 19:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Braulio Magalhaes Fonseca, Professor do Magistério Superior**, em 20/06/2023, às 13:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2341811** e o código CRC **D3EFA087**.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de dedicar este espaço para agradecer a todas as pessoas e instituições que me apoiaram durante a elaboração desta dissertação de mestrado.

Em primeiro lugar, à minha família e aos meus amigos, que estiveram sempre presentes, oferecendo apoio e incentivo em todas as fases deste processo. Agradeço especialmente ao Gabriel, pelo apoio diário, incentivo e compreensão em todos os momentos. Ter pessoas queridas ao meu lado foi fundamental para que eu pudesse enfrentar os desafios deste processo.

Gostaria também de agradecer aos meus colegas de turma, especialmente à Natália, Fernanda, Gabi e Raisa, pelos momentos de aprendizado e trocas de experiências, que contribuíram significativamente para a ampliação da minha visão sobre o tema.

Ao meu orientador, Bráulio, agradeço a compreensão, paciência e motivação ao me guiar no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ainda às professoras Ana Clara Mourão Moura e Sônia Carvalho Ribeiro pelas valiosas contribuições à minha pesquisa no seminário de dissertação e por todo conhecimento repassado em minha vivência acadêmica. Ao professor Rogério Palhares, expressei minha gratidão pelo acolhimento, gentileza e ajuda preciosa com a bibliografia.

Quero expressar minha gratidão à equipe da Práxis, pela compreensão nas ausências, pelo incentivo e pelo conhecimento que pude adquirir sobre urbanismo e meio ambiente durante minha jornada.

Por fim, agradeço à Superintendência de Geoprocessamento Corporativo da Prodabel, pelo atendimento atencioso e disponibilização dos dados georreferenciados, que foram essenciais para a realização da análise neste trabalho.

A todos, meu muito obrigado!

“Amigos do verde, porque lamentais a perda de folhagem verificada em uma artéria da cidade, quando há tanto verde por aí, nesses campos afora, e tão mal aproveitado?”

Carlos Drummond de Andrade, 1930

RESUMO

Do desafio de compatibilizar políticas de desenvolvimento urbano e preservação ambiental emerge o conceito de desenvolvimento urbano sustentável, que se traduz na busca por cidades mais resilientes, sustentáveis e menos desiguais. A Avaliação Ecosistêmica do Milênio, de 2005, consolida a percepção de que a natureza gera benefícios ao bem-estar humano, os chamados Serviços Ecosistêmicos (SE). S Uma vez que a natureza faz parte da vida urbana e as cidades são ecossistemas, embora tenham sido amplamente modificados, também existem oferta e consumo desses serviços em áreas urbanas. É na América Latina que se encontram as cidades com maiores níveis de desigualdade, as quais, perpetuando a lógica do capital, se organizam de forma a explicitá-los em seu território. Assim, as contribuições da natureza para as pessoas não se distribuem de forma justa no tecido urbano. A promulgação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais coloca em evidência a necessidade de desenvolvimento de estratégias para implementação de políticas de preservação ambiental por meio de incentivos, sejam eles financeiros ou não. Contudo, no cenário de desigualdade socioambiental vigente no país, é fundamental que tais estratégias sejam elaboradas de forma a não a reforçar, destinando, por exemplo, recursos a pessoas e regiões bem servidas de SE, e deixando de direcioná-los a áreas de extrema carência. Usando Belo Horizonte como estudo de caso, foi realizado um mapeamento da oferta de Serviços Ecosistêmicos no município com base em dados secundários e proxies ambientais. Além disso, a demanda por ações que geram e potencializam esses benefícios foi estimada com base em dados socioeconômicos georreferenciados. A oferta e a demanda foram então comparadas para criar um modelo de priorização, que utilizou métodos de análise espacial e análise exploratória.

Palavras-chave: desenvolvimento urbano sustentável; serviços ecosistêmicos; políticas de pagamento por serviços ambientais; priorização de áreas para políticas públicas; Belo Horizonte; análise espacial.

ABSTRACT

The challenge of conciling urban-environmental policies gives rise to the concept of sustainable urban development, which translates into the pursuit of more resilient, sustainable, and less unequal cities. The Millennium Ecosystem Assessment of 2005 consolidates the perception that nature generates benefits for human well-being, known as Ecosystem Services (ES). As nature is part of urban life and cities are ecosystems, albeit greatly altered, there is also supply and consumption of these services in urban centers. Latin America is where the cities with the highest levels of inequality are found, which, perpetuating the logic of capital, organize themselves in a way that makes it explicit in their territory. Thus, the contributions of nature to people are not distributed fairly in the urban fabric. The enactment of the National Policy on Payment for Environmental Services highlights the need to develop strategies for implementing environmental preservation policies through incentives (financial or otherwise). However, in the current socio-environmental inequality scenario in the country, it is essential that such strategies be elaborated in such a way as not to reinforce it, by, for example, allocating resources to people and regions well-served by ES and failing to direct them to areas of extreme need. Using Belo Horizonte as a case study, this work aims to map, based on secondary data and environmental proxies, the supply of ES in the municipality and, based on georeferenced socio-economic data, the demand for actions that generate and enhance these benefits. Supply and demand were compared to compose a prioritization model, using methods of spatial analysis and exploratory analysis.

Keywords: sustainable urban development; ecosystem services; payment for environmental services; prioritization of areas for public policies; Belo Horizonte; spatial analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo – Município de Belo Horizonte.....	19
Figura 2: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável	21
Figura 3: Nível de alinhamento da Pesquisa com os ODS.....	22
Figura 4: Serviços Ecosistêmicos e categorias adotadas pelos ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Regional	26
Figura 5: Componentes do Capital Natural de acordo com a CICES	28
Figura 6: Exemplo esquemáticos de trade-offs e sinergias em um ecossistema.	31
Figura 7: Possíveis relações espaciais entre áreas de produção de serviços (P) e áreas de benefícios de serviços (B).	32
Figura 8: Etapas e condições básicas para implementação de Programas de PSA	39
Figura 9: Ilustrações da urbanização concentrada e da urbanização planetária ou extensiva	45
Figura 10: Comparação dos traçados propostos para a nova capital.....	59
Figura 11: Planta original da cidade de Belo Horizonte.....	60
Figura 12: Corredor de fícus na Avenida Afonso Pena, 1920/1930.....	62
Figura 13: Evolução da mancha urbana de Belo Horizonte.	64
Figura 14: Paisagem atual: áreas vegetadas e não vegetadas.	66
Figura 15: Esquema metodológico da pesquisa	70
Figura 16: Vegetação classificada de acordo com a relevância para o SE de Qualidade do Ar e Regulação do Clima	76
Figura 17: Altitude classificada de acordo com a relevância para o SE de Qualidade do Ar e Regulação do Clima.....	77
Figura 18: Esquema metodológico da elaboração do mapa de atributos ambientais relacionados à qualidade do ar e regulação do clima	78
Figura 19: Oferta do SE qualidade do ar e regulação do clima.....	78

Figura 20: Predisposição à erosão	82
Figura 21: Cobertura do solo classificada de acordo com a relevância para o SE de controle de erosão	83
Figura 22: Oferta do SE controle de erosão	84
Figura 23: Oferta do SE controle de inundação	87
Figura 24: Bacias dos córregos utilizados como manancial em Belo Horizonte	89
Figura 25: Concentração de nascentes ponderada pela Qualidade em Belo Horizonte	90
Figura 26: Oferta do SE provisão de água potável.....	91
Figura 27: Camadas de Cobertura do Solo, Espaços Públicos e Topografia, classificadas pela relevância para oferta de Turismo, Lazer e Valores Espirituais.....	94
Figura 28: Oferta do SE Turismo, lazer e valores espirituais.....	95
Figura 29: Oferta do SE Identidade Cultural.....	96
Figura 30: Oferta Global de SE no município de Belo Horizonte	98
Figura 31: Faixas de avaliação para os resultados do IDHM.....	102
Figura 32: IDHM por UDH em Belo Horizonte, classificadas conforme recomendação do IPEA e por quebra natural.....	105
Figura 33: Componentes do Desenvolvimento Humano no território de Belo Horizonte	106
Figura 34: Faixas de vulnerabilidade social estabelecidas pelo IPEA a partir dos resultados do IVS	110
Figura 35: IVS por UDH em Belo Horizonte, classificadas de acordo com a recomendação do IPEA e por quebra natural.....	111
Figura 36: Localização de favelas e loteamentos irregulares em Belo Horizonte.....	112
Figura 37: Componentes do IVS.....	113
Figura 38: Prosperidade social em Belo Horizonte.....	114
Figura 39: Componentes da vulnerabilidade ambiental	116

Figura 40: Vulnerabilidade Ambiental em Belo Horizonte (2030).....	118
Figura 41: População por setor censitário em Belo Horizonte.....	119
Figura 42: Metodologia para estimativa de população por setor censitário em 2020	121
Figura 43: Mapa de quantidade de pessoas beneficiadas	122
Figura 44: Demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte	127
Figura 45: Oferta com valores categóricos atribuídos.....	128
Figura 46: Demanda classificada por quebra natural e com valores categóricos atribuídos	129
Figura 47: Matriz de priorização	130
Figura 48: Resultados da Matriz de priorização.....	131
Figura 49: Sub-bacias de Belo Horizonte conforme o Plano Diretor de Drenagem Municipal	132
Figura 50: IPPDUS-PSA por sub-bacia hidrográfica em Belo Horizonte	134
Figura 51: Exemplos de locais nas áreas prioritárias para implantação de PSA com potencial para aplicação de políticas públicas	136
Figura 52: IPPDUS-Conservação nas sub-bacias de Belo Horizonte	137
Figura 53: IPPDUS-Vínculos nas sub-bacias de Belo Horizonte	139

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos métodos de mapeamento de SE conforme Eigenbrod	34
Quadro 2: Métodos de mapeamento recomendados pelo Projeto TEEB Regional Local	35
Quadro 3: Serviços Ecosistêmicos selecionados para avaliação da oferta	73
Quadro 4: Variáveis <i>proxies</i> associadas a cada SE selecionado	74
Quadro 5: <i>Proxies</i> utilizadas para mapeamento do controle de erosão	81
Quadro 6: <i>Proxies</i> utilizadas para mapeamento da oferta de recreação, turismo e valores espirituais .	93
Quadro 7: Componentes do IDHM	102
Quadro 8: Componentes do IVS	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Métricas básicas de paisagem aplicadas ao território do município de Belo Horizonte	67
Tabela 2: Fator CP e notas utilizadas para cada categoria de cobertura do solo	83
Tabela 3: Coeficientes de escoamento superficial adotados pela SMOBI	86
Tabela 4: Índices de Vulnerabilidade Climática por regional de Belo Horizonte	116
Tabela 5: Escala de avaliação da AHP	124
Tabela 6: Matriz de Comparação Paritária	124
Tabela 7: Matriz de comparação Paritária Normalizada	125
Tabela 8: Pesos extraídos do método AHP	125
Tabela 9: Sub-bacias prioritárias para implantação de programa de PSA	135
Tabela 10: Sub-bacias prioritárias para conservação	138
Tabela 11: Sub-bacias prioritárias para criação de vínculos entre a população e os atributos ambientais	140

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHP: Processo Analítico Hierárquico

ANA: Agência Nacional de Águas

ANDUS: Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil

APP: Área de Preservação Permanente

BH: Belo Horizonte

BNH: Banco Nacional de Habitação

BPBES: Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CDPCM-BH: Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte

CEC: Políticas Ambientais de Comando e Controle

CICES: Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos

CNP: Contribuições da natureza para as pessoas

CNPSA: Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais

CRA: Cota de Reserva Ambiental

EIV: Estudo de Impacto de Vizinhança

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EUPS: Equação Universal de Perda de Solos

FECS: *Final Ecosystem Goods and Service*

GEE: Gases de Efeito Estufa

GIZ: *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo

GVCS: Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IPBES: Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos

IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IPDUS: Índice de Priorização de Política para o Desenvolvimento Urbano Sustentável

IQNas: Índice de Qualidade das Nascentes em Belo Horizonte

IVS: Índice de Vulnerabilidade Social

MDT: Modelo Digital de Terreno

MEA: Avaliação Ecossistêmica do Milênio

MMA: Ministério do Meio Ambiente
NAU: Nova Agenda Urbana
NESCS Plus: *National Ecosystem Services Classification System*
ODC: Outorga do Direito de Construir
ODS: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ONU: Organização das Nações Unidas
ONU-HABITAT: Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos
PDDI – RMBH: Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte
PFPSA: Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais
PGE: Planos Globais Específicos
PNDU: Política Nacional de Desenvolvimento Urbano
PNE: Potencial Natural de Erosão
PNPSA: Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PRU: Planos de Regularização Urbanística
PSA: Pagamento por Serviços Ambientais
RC: Resultado da Consistência
RMBH: Região Metropolitana de Belo Horizonte
RPPN: Reservas Particulares do Patrimônio Natural
SAV: Sistema de Áreas Verdes
SE: Serviços Ecológicos
SEINFRA MG: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade
SEMAD: Secretaria Estadual de Meio Ambiente Sustentável
SIG: Sistema de Informações Geográficas
SMMA: Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SMOBI: Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Belo Horizonte
SNUC: Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TDC: Transferência do Direito de Construir
TEEB: Economia dos Ecossistemas e da Biodiversidade
TP: Taxa de Permeabilidade Mínima
TVA: Trama Verde e Azul
UDH: Unidade de Desenvolvimento Humano
UFEX: Unidade Fiscal de Extrema
UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

ZAM: Zoneamento Ambiental Municipal

ZEE: Zoneamento Ecológico Econômico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	Objetivos.....	20
1.1.1	Objetivo geral.....	20
1.1.2	Objetivos específicos.....	20
1.2	Alinhamento da pesquisa com a Agenda 2030.....	21
2	PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL?.....	23
2.1	Serviços Ecosistêmicos.....	23
2.2	Pagamento por Serviços Ambientais.....	36
2.2.1	A política nacional de PSA e desdobramentos.....	41
2.3	Desenvolvimento urbano sustentável.....	43
2.3.1	A cidade e o urbano.....	43
2.3.2	O ambiental e a sustentabilidade.....	46
2.3.3	A dimensão ambiental do espaço urbano.....	48
2.4	Políticas urbanas voltadas para o desenvolvimento sustentável no Brasil.....	51
2.4.1	Zoneamentos multifuncionais associados a estudos de impacto.....	52
2.4.2	Zoneamento Ambiental Municipal (ZAM).....	52
2.4.3	Sistemas de Áreas Verdes (SAV).....	53
2.4.4	Trama Verde-Azul.....	54
2.4.5	Programa Conservador das Águas – Extrema/MG.....	55
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BELO HORIZONTE.....	57

3.1	Histórico de formação ocupação e urbanização.....	57
3.2	A paisagem atual.....	65
3.3	Políticas urbanas relacionadas à oferta de Serviços Ecológicos 68	68
4	MAPEAMENTO DA OFERTA DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DEMANDA POR SERVIÇOS AMBIENTAIS	70
4.1	Montagem da Coleção de dados	71
4.2	Mapeamento da Oferta de SE	71
4.2.1	Seleção dos SE a serem avaliados	71
4.2.2	Elaboração dos mapas por Serviço.....	73
4.2.3	Mapa de oferta global de SE	97
4.3	Mapeamento da Demanda por SE.....	99
4.3.1	Mapa de prosperidade social	100
4.3.2	Mapa de vulnerabilidade ambiental	115
4.3.3	Mapa de quantidade pessoas beneficiadas	118
4.3.4	Cálculo da demanda por Serviços Ambientais.....	123
5	DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS.....	128
5.1	IPPDUS- PSA	133
5.2	IPPDUS- Conservação.....	136
5.3	IPPDUS- Vínculos	138
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	140
7	REFERÊNCIAS	143

1 INTRODUÇÃO

Ainda é comum a visão de cidade e natureza como elementos distintos e, com frequência, em oposição. Se por um lado a dimensão ambiental no estudo da questão urbana acaba ficando restrita aspectos técnicos e objetivos, sobretudo nas vertentes legais, sanitárias e da articulação de movimentos sociais em torno de conflitos ambientais, por outro, tradicionalmente as ciências ambientais tendem a subestimar ou ignorar a dimensão urbana em suas análises (COSTA, 2000).

Entretanto, a concentração crescente da população mundial e brasileira em cidades¹ e os graves problemas relacionados à deterioração da qualidade do ambiente construído e da qualidade de vida de seus habitantes inseriram o contexto urbano nas discussões ambientalistas (PINHEIRO, 2019). Surge então a noção de desenvolvimento urbano sustentável que, segundo Costa (2000), traz o desafio de coordenar as políticas urbano-ambientais. Nessa perspectiva, as contribuições da natureza para o bem-estar humano e a infraestrutura verde nas cidades ganharam relevância na garantia da qualidade de vida, mas também ao direito à cidade, entendido como acesso pleno aos benefícios da urbanização.

Essa compreensão de cidade e meio ambiente como conceitos coexistentes, em contraponto à visão de urbano e natureza como opostos, ou do ambiente urbanizado como antiecológico, vem ganhando força no direcionamento das políticas públicas de planejamento.

Entre as iniciativas globais, o Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos (ONU-HABITAT) estabeleceu entre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, o ODS 11: Cidades Sustentáveis. Portanto, o desenvolvimento de modelos e estratégias de melhoria da qualidade de vida e do meio ambiente em áreas urbanas vem ao encontro dos propósitos dessa agenda.

Na esfera local o Projeto ANDUS (Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil)², a proposta da Trama Verde-Azul³ integrante do Plano Diretor

¹ Segundo a ONU, 55% da população mundial se encontra em cidades. No Brasil, a concentração é ainda maior, sendo que 84% das pessoas vivem em áreas urbanas (IBGE, 2016).

² O Projeto ANDUS é um projeto de cooperação técnica executado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com o Governo da Alemanha e implementado por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Visa apoiar o Brasil no aprimoramento de políticas urbanas alinhadas com a Agenda 2030, com a Nova Agenda Urbana e com o Acordo de Paris.

da Região Metropolitana de Belo Horizonte e a realização da 5ª Conferência Municipal de Política Urbana de Belo Horizonte, com foco na Nova Agenda Urbana⁴, demonstram o interesse dos gestores públicos e atores urbanos pela integração cidade-meio ambiente na busca pela melhoria de qualidade de vida para seus habitantes.

É nítido, porém, que os benefícios providos pela natureza, denominados Serviços Ecossistêmicos, não se distribuem de forma igualitária nas cidades. O Relatório do ONU-HABITAT de 2012 indica que é nos grandes centros urbanizados da América Latina onde se encontram os maiores níveis de desigualdade social. Organizadas pela lógica do capital, as cidades tendem a reproduzir espacialmente a desigualdade entre seus habitantes, num cenário em que a paisagem se organiza em zonas de forte homogeneidade social interna. (CASTELLS, 1975).

Áreas com melhor infraestrutura e qualidade de vida são mais atrativas para empreendimentos imobiliários de alta renda e fazendo o raciocínio inverso é fácil compreender como as áreas mais impróprias à ocupação, com pior infraestrutura e alta vulnerabilidade ambiental e conseqüentemente baixa oferta de Serviços Ecossistêmicos, são justamente onde se instalam favelas e outros tipos de assentamentos precários. É nesses locais que se concentram os “incapazes de acesso à terra pela lógica de mercado, mediada predominantemente por trocas monetárias” (SILVA, 2003 p.72). Como forma de explicar esse fenômeno emerge o conceito de desigualdade socioambiental. (ACSELRAD, 2015; ABREU, 2013; HERCULANO, 2008).

A paisagem urbana é suporte para o desenrolar dos processos ambientais e socioeconômicos, mas não é meramente passiva, pois também apresenta, de forma dialética, mecanismos de reforço e reprodução da desigualdade. A continuidade desse sistema vai contra aos propósitos do desenvolvimento urbano sustentável. Por isso, se fazem necessárias políticas públicas direcionadas, que partam da identificação das regiões com maior vulnerabilidade socioambiental e da mobilização e engajamento das comunidades ali presentes para a priorização de investimentos nessas áreas.

³ Conceito extraído da proposta francesa de planejamento territorial da antiga região minerária de *Nord-Pas-de-Calais*, no norte da França, que por sua vez tem base na ecologia da paisagem (OLIVEIRA e COSTA, 2018). Será detalhado mais adiante.

⁴ A NAU é resultado da III Conferência das Nações Unidas sobre Moradia e Desenvolvimento Urbano Sustentável - Habitat III, detalhada mais adiante.

Foram estudadas nesta pesquisa as possibilidades de implementação de políticas urbanísticas visando melhorar a oferta de contribuições da natureza para as pessoas nas cidades no contexto da Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA). Com o objetivo de promover a redução das desigualdades socioambientais, esta pesquisa pretende criar um modelo de priorização de áreas para aplicação dessas políticas, com base em dados geoespaciais. Foi utilizado como estudo de caso o município de Belo Horizonte, cuja totalidade de seu território é inserida em perímetro urbano. O município possui cerca de 86% (aproximadamente 285 km²) de sua área ocupada por mancha urbana (Figura 1).

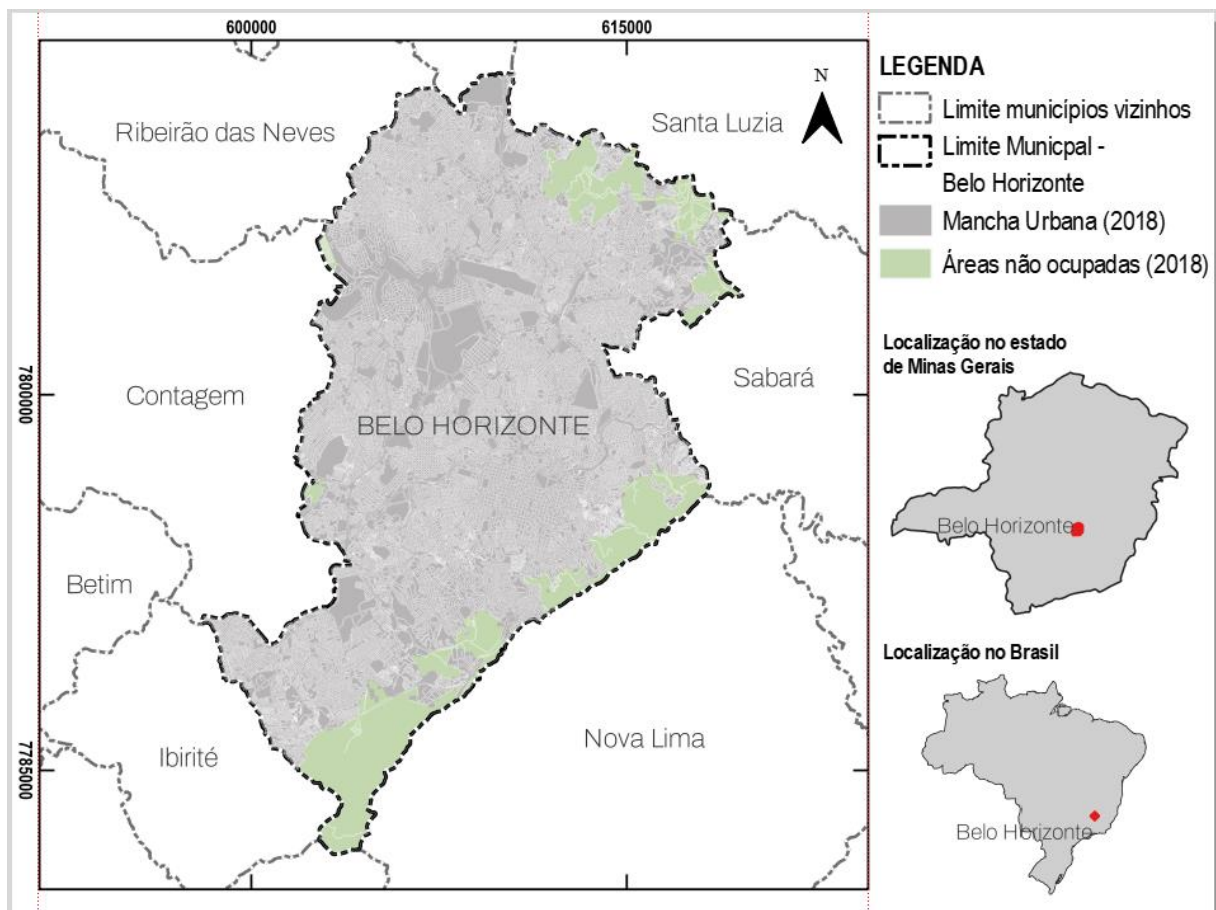


Figura 1: Localização da área de estudo – Município de Belo Horizonte

Fonte: Elaborado pela autora, dados de IBGE (2010) e Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2021)

A opção por um município altamente urbanizado para realização da pesquisa se justifica, pois, a intenção é justamente avaliar a provisão e a demanda de Serviços Ecosistêmicos em áreas urbanas consolidadas e a priorização de áreas para aplicação de políticas pagamentos por Serviços Ambientais nesse cenário.

O trabalho se estrutura em seis capítulos. Nesta introdução são apresentados os conceitos fundamentais da pesquisa, os objetivos e breve discussão sobre o alinhamento deles com os ODS. O segundo capítulo apresenta a revisão bibliográfica, desenvolvida no sentido de embasar o modelo de priorização. Nele são discutidos os termos centrais da dissertação - Serviços Ecossistêmicos, Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) e Desenvolvimento Urbano Sustentável e apresentados exemplos de políticas públicas de PSA ou que visam ao desenvolvimento urbano sustentável. O terceiro capítulo trata da caracterização da área de estudo, Belo Horizonte, incluindo seu histórico de ocupação e urbanização, as características da paisagem atual, sob a luz da ecologia da paisagem, e breve destaque das políticas urbanas vigentes relacionadas à oferta de Serviços Ecossistêmicos. A partir do quarto capítulo são apresentados os tópicos relativos à construção do modelo de priorização. Primeiramente, são descritos os materiais, métodos e resultados do mapeamento da oferta dos SE selecionados para análise e da demanda geral por Serviços Ambientais no município. No capítulo 5 apresenta-se a metodologia e resultados para definição das áreas prioritárias, com base nas conclusões do item anterior. Por fim, no capítulo final são discutidas as conclusões da pesquisa, apontando os principais desafios, estratégias e potencialidades para aplicação e replicação do Modelo. Também são indicadas diretrizes para pesquisas futuras.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é criar um modelo de priorização de áreas para incorporação de políticas públicas de Pagamentos por Serviços Ambientais, por meio de ferramentas de geoprocessamento e análise espacial, no contexto do planejamento urbano em Belo Horizonte.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar os objetivos gerais acima citados, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Avaliar e classificar a oferta de Serviços Ecossistêmicos e a demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte, a partir de métodos de análise espacial e análise exploratória de dados;

- b) Proporcionar subsídio para gestores públicos no desenvolvimento de programas de Pagamentos por Serviços Ambientais em áreas urbanas, sobretudo no município de Belo Horizonte;
- c) Desenvolver uma ferramenta de suporte a decisões de planejamento urbano, com características sistemáticas e baseada em dados passíveis de atualização, e ainda replicável em outros municípios.

1.2 Alinhamento da pesquisa com a Agenda 2030

A Agenda 2030 é um plano de ação global adotado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em setembro de 2015, durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável. A Agenda é composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que constituem um chamado universal para “erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima e garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e de prosperidade” (ONU, 2015) (Figura 2).



Figura 2: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

Fonte: ONU, 2015

Os ODS se desdobram em 169 metas para, de forma integrada e indivisível, promover, de forma equilibrada, as três dimensões do desenvolvimento sustentável: a econômica, a social e a ambiental.

Como mostra a Figura 3, os conceitos, objetivos e métodos relacionados nesta pesquisa têm interface direta com sete ODS, em níveis distintos. Naturalmente, o objetivo com maior alinhamento é o 11 - Cidades Sustentáveis, detalhado mais adiante. Mas, vale

destacar a relação com o ODS 10, a partir da priorização de áreas com base na prosperidade social, com o ODS 17, ao passo que o Pagamento por Serviços Ambientais se enquadra na promoção de parcerias públicas, público-privadas e com a sociedade civil, e com o ODS 13, tendo em vista que a integração de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas nas políticas públicas faz parte de suas metas.

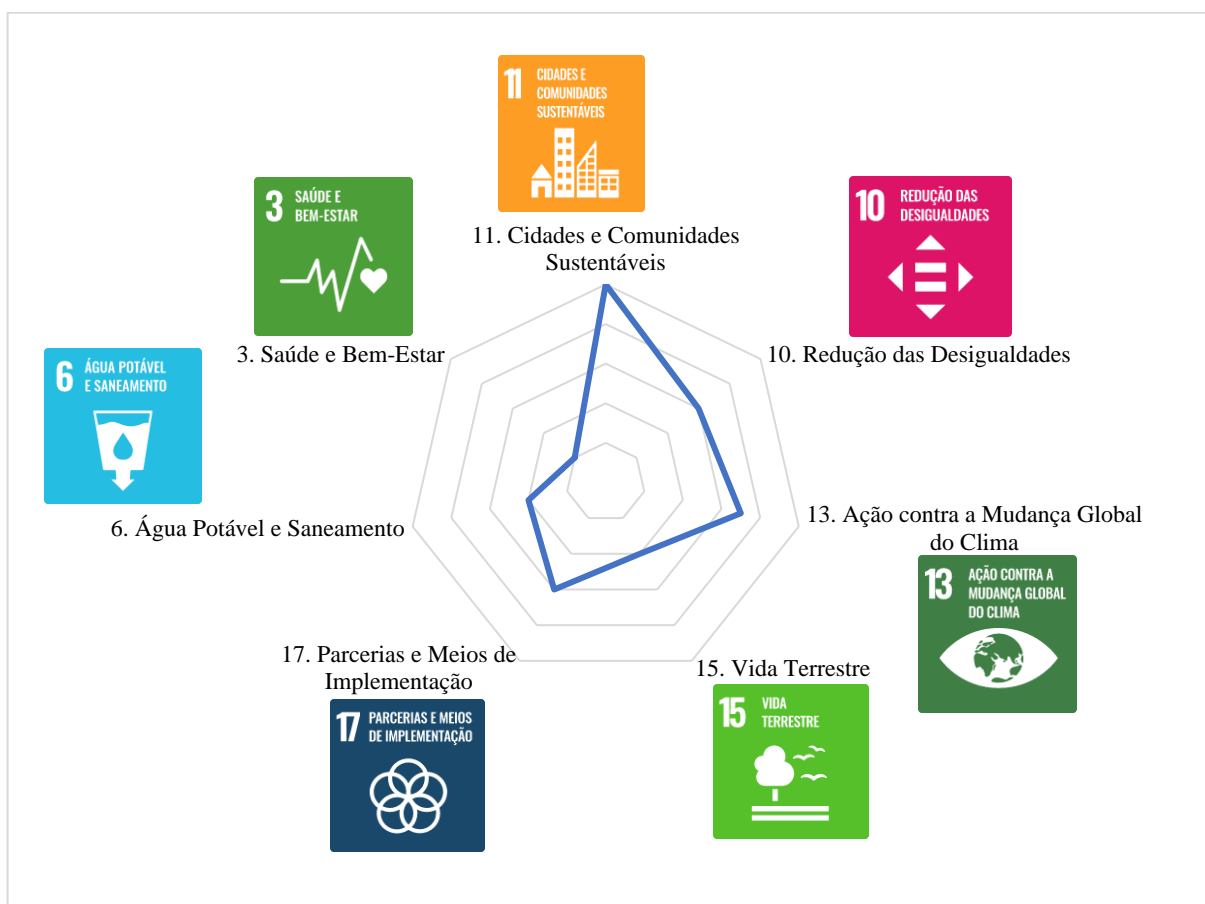


Figura 3: Nível de alinhamento da Pesquisa com os ODS

Fonte: Elaborada pela autora

Especificamente sobre o ODS 11, ele se divide em 10 metas específicas para alcançar uma cidade mais sustentável. No contexto desse trabalho se destacam as metas: a) 11.1 - garantir o acesso de todos à habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas; b) 11.3 - aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países; c) 11.4 fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo d) 11.6- reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros e; e) 11.7 -proporcionar o acesso universal a espaços públicos

seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.

O principal desdobramento da ODS 11 foi a implementação da Nova Agenda Urbana (NAU). A NAU foi adotada na Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável (Habitat III), realizada em Quito (Equador), em 2016. Seu principal lema é “não deixar ninguém para trás” (ONU, 2019), e representa uma visão compartilhada para um futuro melhor e mais sustentável - em que todas as pessoas tenham direitos e acesso iguais aos benefícios e oportunidades que as cidades podem oferecer.

Entre os aspectos das cidades e assentamentos vislumbrados pela agenda para o futuro está a proteção, conservação, restauração e promoção dos ecossistemas, água, habitats naturais e sua biodiversidade, bem como a minimização dos impactos ambientais. Esses objetivos devem ser alcançados a partir de, entre outros compromissos, mudança do paradigma urbano, reconhecendo o desenvolvimento urbano e territorial sustentável como essencial para se alcançar o desenvolvimento sustentável e prosperidade para todos e todas.

Especificamente sobre a abordagem desta dissertação, cabe destacar que um dos compromissos da NAU (nº 68) é explícito quanto à necessidade de integração de medidas de proteção às áreas ambientalmente frágeis e provedoras de Serviços Ecossistêmicos no planejamento e no desenvolvimento urbano sustentável.

Considerando a importância das áreas verdes urbanas e a urgência da questão climática que permeia a atualidade em escala planetária, é imperativo que políticas urbanas adotem uma abordagem ambientalmente responsável e comprometida com os ODS e com a NAU, incluindo a luta contra a pobreza e as condições de vida precárias que afetam de maneira significativa as populações mais vulneráveis nas cidades.

2 PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO SUSTENTÁVEL?

2.1 Serviços Ecossistêmicos

A percepção institucional de que os ecossistemas, sejam os menos alterados, como florestas, ou os mais antropizados, como áreas urbanizadas, influenciam o bem-estar humano

emerge com a Avaliação Ecosistêmica do Milênio, em inglês, *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA) (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

A MEA foi conduzida entre 2001 e 2005, em resposta às solicitações das convenções internacionais da Organização das Nações Unidas (ONU), com a finalidade de avaliar os efeitos das mudanças provocadas pela ação antrópica nos ecossistemas e estabelecer uma base científica que fundamentasse as ações necessárias para assegurar a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais. A avaliação estabelece quatro pontos principais: 1) Os ecossistemas foram radicalmente alterados na última metade do século XX; 2) Essas mudanças contribuíram para a melhoria do bem-estar humano, mas com altos custos para o capital natural; 3) A degradação dos ecossistemas tende a recrudescer com maior intensidade e é um obstáculo ao alcance dos ODS; 4) A solução para reversão desse cenário e manutenção do bem-estar humano deve passar por novas políticas e ações de governança.

Neste contexto, consolidou-se⁵ o termo Serviços Ecosistêmicos (SE), ou ainda Serviços dos Ecossistemas, que são:

“benefícios que o homem obtém desses ecossistemas. Eles abrangem serviços de provisão, incluindo alimentos, água, madeira e fibras; serviços reguladores, que afetam climas, inundações, doenças, resíduos e a qualidade da água; serviços culturais, que fornecem benefícios recreacionais, estéticos e espirituais; e serviços de suporte, tais como formação do solo, fotossíntese e ciclo de nutrientes. A espécie humana, embora protegida de mudanças ambientais pela cultura e pela tecnologia, depende fundamentalmente do fluxo dos serviços dos ecossistemas.” (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005, p. 10)

Ressalta-se que a ideia de Serviços Ecosistêmicos está intimamente ligada à apropriação humana dos benefícios gerados pela natureza e não somente à existência e interação entre os recursos naturais. Diferenciam-se, portanto, os Serviços Ecosistêmicos, relacionados ao fluxo de benefícios gerados, das Funções Ecosistêmicas, que consistem no conjunto de “interações entre os elementos de um ecossistema” (BRASIL, 2020)

Essas funções geram Serviços Ecosistêmicos quando os processos naturais subjacentes a suas interações desencadeiam uma série de benefícios direta ou indiretamente apropriáveis pelo ser humano. Um único serviço ecosistêmico pode ser o produto de duas ou mais funções, ou uma única função pode gerar mais do que um serviço ecosistêmico. (BRASIL, 2020).

Entre os conceitos relacionados, o termo Serviços Ambientais muitas vezes é utilizado como sinônimo de Serviços Ecosistêmicos, ainda que muitos autores, sobretudo no Brasil e

⁵ Ainda que muitos estudos considerem a MEA como o marco inicial do uso do termo Serviços Ecosistêmicos, há registros de uso desde a década de 1960 nos Estados Unidos (DE GROOT, ALKEMADE, *et al.*, 2010)

América Latina, apontem diferenças entre os conceitos (PRADO, 2014; JOLY, SEIXAS, *et al.*, 2019; SOLERA, 2020). Tradicionalmente, denominam-se Serviços Ambientais as atividades humanas que favorecem a conservação ou a melhoria dos ecossistemas e, como consequência, contribuem com a manutenção dos Serviços Ecossistêmicos fornecidos (BRASIL, 2020). Dessa forma, por serem resultado da ação humana, componentes da infraestrutura verde, como parques urbanos, praças e ruas arborizadas, geralmente são considerados exemplos de estruturas que fornecem Serviços Ambientais (SOLERA, 2020). Além disso, esse é o conceito mais utilizado nos sistemas de compensações ambientais, como o Pagamento por Serviços Ambientais, na legislação e nas políticas públicas em geral.

No contexto empresarial, a Fundação Getúlio Vargas, nas Diretrizes empresariais para a valoração econômica de Serviços Ecossistêmicos, define que:

Os Serviços Ambientais são atividades humanas, individuais ou coletivas, que favorecem direta ou indiretamente a preservação, proteção, manutenção, conservação, recuperação ou melhoria de Serviços Ecossistêmicos, enquanto os Serviços Ecossistêmicos são quaisquer contribuições da natureza para o bem-estar humano (...), independentemente de uma ação humana que promova tais contribuições. Todos os Serviços Ambientais são Serviços Ecossistêmicos, mas o inverso não é verdadeiro. (FGVCES, 2019, p. 13).

A Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (BPBES), na busca de uma abordagem mais inclusiva e transdisciplinar tem utilizado também a terminologia “Contribuições da natureza para as pessoas” (CNP), ou NPC, na sigla em inglês.

“O conceito de contribuições da natureza para as pessoas (CNP) visa expandir a definição de Serviços Ecossistêmicos (SE) no que tange, principalmente, às contribuições imateriais, não passíveis de serem classificadas como Serviços Ecossistêmicos culturais.” (JOLY, SEIXAS, *et al.*, 2019, p. 15)

Embora a MEA classifique os serviços em quatro categorias: Provisão, Regulação, Culturais e Suporte, estudos oficiais mais recentes, como a Classificação Internacional Comum dos Serviços Ecossistêmicos (CICES) (HAINES-YOUNG e POTSCHIN, 2018) e os conduzidos pela Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, conhecida como IPBES (em inglês, *International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*), consideram apenas três categorias, excluindo a de suporte. Nesses casos, os autores entendem que os serviços de suporte, na verdade, são funções ecossistêmicas necessárias para a produção de todos os demais Serviços Ecossistêmicos.

Essa divisão tem sido utilizada no Brasil pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) no projeto “Conservação da Biodiversidade através da Integração de Serviços Ecosistêmicos em Políticas Públicas e na Atuação Empresarial – Projeto TEEB Regional-Local”⁶ e pelo Ministério do Desenvolvimento Regional no projeto “Apoio à Agenda Nacional de Desenvolvimento Urbano Sustentável no Brasil (ANDUS)”⁷. É, portanto, a classificação oficial adotada pelo governo federal (Figura 4).

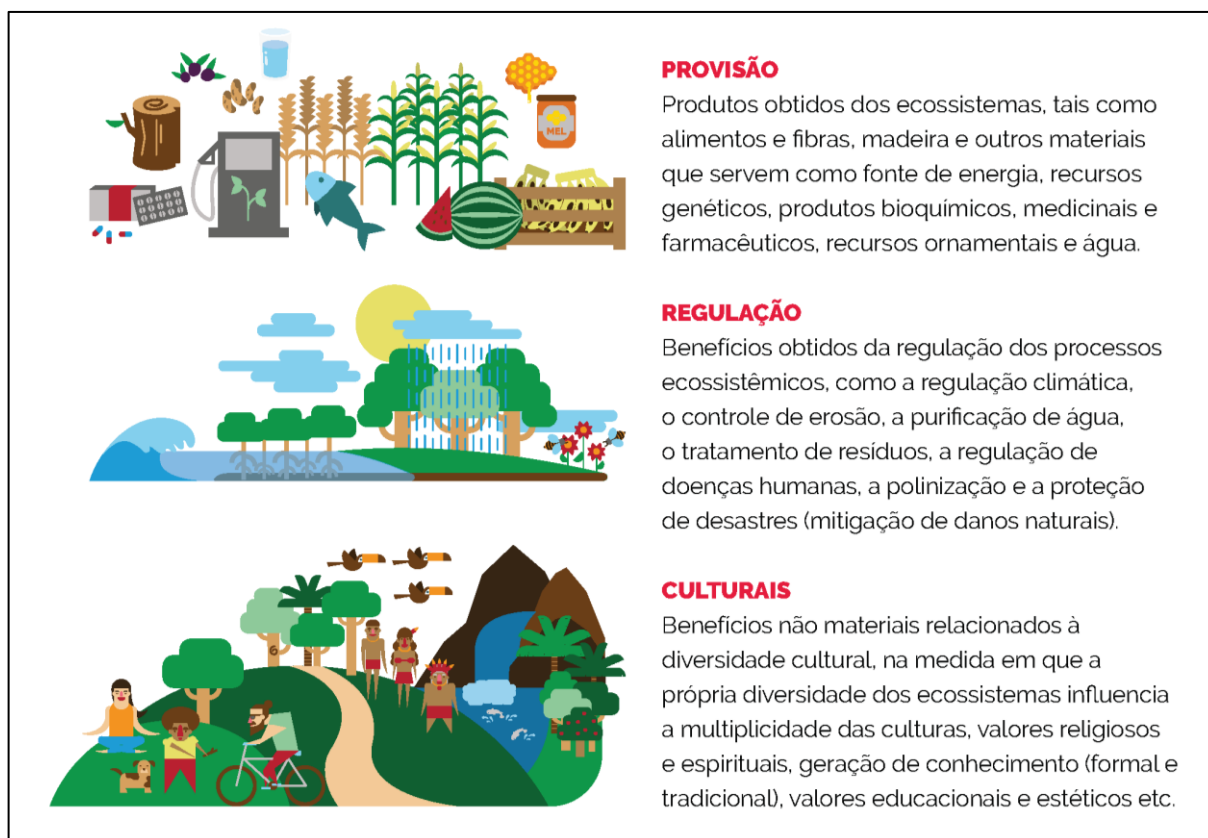


Figura 4: Serviços Ecosistêmicos e categorias adotadas pelos ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Regional

Fonte: BRASIL, 2020.

⁶ Projeto implementado em 2012, por meio da parceria entre o MMA e o governo alemão, com a participação da Confederação Nacional da Indústria (CNI), no contexto da Cooperação para o Desenvolvimento Sustentável Brasil-Alemanha, no âmbito da Iniciativa Internacional para o Clima do Ministério do Meio Ambiente, Proteção da Natureza e Segurança Nuclear da Alemanha (BMU, sigla em alemão). O projeto contou com apoio técnico da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

⁷ O Projeto ANDUS é um projeto de cooperação técnica executado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e Ministério do Meio Ambiente (MMA) em parceria com o Governo da Alemanha e implementado por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Foi finalizado em 2022, e visou apoiar o Brasil no aprimoramento de políticas urbanas alinhadas com a Agenda 2030, com a Nova Agenda Urbana e com o Acordo de Paris.

Contudo, não há no Brasil uma classificação sistematizada e codificada de Serviços Ecossistêmicos, sendo que a da CICES⁸ é a base mais comum para os trabalhos governamentais desenvolvidos país.

É importante ressaltar que os SE listados não representam necessariamente boas práticas antrópicas em relação à conservação da natureza, mas sim bens ou serviços que o meio ambiente potencialmente fornece à sociedade humana. Principalmente no caso dos serviços de provisão, há alguns exemplos que podem contrariar o bom senso no que se refere à preservação ambiental, como utilização de óleo de foca para combustível, lenha, e melhoramentos genéticos, visando aumento de produção. Num cenário de tomada de decisão cabe, portanto, aos gestores e *stakeholders* compreender a relação entre os benefícios gerados e as possibilidades de depleção dos recursos naturais e danos ao meio ambiente.

Nota-se que a CICES divide os serviços gerados pelos sistemas bióticos e abióticos que compõem os ecossistemas. Haines-Young e Potschin (2018) explicam que embora no contexto da CICES os Serviços Ecossistêmicos sejam fundamentalmente aqueles provenientes de estruturas vivas, essa distinção é vista como bastante arbitrária pela maior parte dos especialistas e partes interessadas nos processos que envolvem este conceito. “Coisas como energia eólica, sal e neve são todos vistos como coisas úteis que a “natureza” pode fornecer” (HAINES-YOUNG e POTSCHIN, 2018, p. 5). Além disso, algumas classificações norte-americanas, como a *Final Ecosystem Goods and Services* (FEGS) e a *National Ecosystem Services Classification System* (NESCS Plus) incluem componentes abióticos, como água, solo e atmosfera em sua lista de serviços dos ecossistemas (NEWCOMER-JOHNSON, ANDREWS, *et al.*, 2020).

As discussões sobre capital natural e a visão de recursos naturais como ativos de empresas e governos também colaboraram para que os sistemas abióticos passassem a ser considerados geradores de contribuições da natureza para as pessoas. A abordagem da última versão da CICES considera o capital natural como o conjunto de todos os recursos naturais em que a sociedade humana se baseia, ou seja, nos ecossistemas da Terra e nos sistemas geofísicos subjacentes (Figura 5).

⁸ Versão 5.1, desenvolvida em 2018 a partir do trabalho sobre contabilidade ambiental realizado pela Agência Europeia do Meio Ambiente (EEA), como contribuição para a revisão do Sistema de Contabilidade Ambiental-Econômica (SEEA) liderado pela Divisão de Estatística das Nações Unidas (UNSD).



Figura 5: Componentes do Capital Natural de acordo com a CICES

Fonte: Haines-Young & Potschin, 2018, traduzido pela autora

Tradicionalmente os projetos e programas relacionados à avaliação de capital natural se concentram nos serviços de provisão, como alimentos, fibras e água doce, cujo valor financeiro é mais tangível (RENNER, EMERTON e KOSMUS, 2019). Aqui, mais uma vez, é fundamental reforçar a relação delicada entre o consumo dos serviços de provisão e a exploração de recursos naturais até sua extinção para geração de recursos monetários. Por exemplo, uma empresa mineradora agrega capital por possuir vastas jazidas de minério de ferro, porém a exploração desse recurso para conversão do capital natural em capital financeiro acabará por extinguir a jazida e, com ela, as funções ecosistêmicas ali presentes.

Por isso, é importante destacar que o valor econômico é apenas um dos componentes do valor total do capital natural e de seus Serviços Ecosistêmicos e que processos de tomada de decisão, devem considerar igualmente os valores ecológicos, ou seja, os relacionados à integridade, saúde e resiliência de ecossistemas, bem como as condições mínimas para que possam continuar provendo Serviços Ecosistêmicos, e os valores socioculturais, incluindo os estéticos, espirituais, de inspiração cultural, cognitivos e demais aspectos relacionados à convivência e relacionamento das pessoas entre si e com a natureza. (FGVCES, 2019)

Parron e equipe (2019) destacam que, embora os interesses por pesquisas acadêmicas relacionadas a Serviços Ecosistêmicos no Brasil têm crescido, essas ainda são raras. Foram encontradas entre 2006 e 2017, nas bases de dados da Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior (CAPES), Scielo e Sabiia apenas 282 publicações sobre o tema, incluindo artigos, teses e dissertações capítulos de livros e livros completos.

A maior parte dos estudos são voltados para os serviços de regulação, sobretudo captura de carbono, regulação climática e controle de erosão. Serviços de provisão de água e alimentos também aparecem com maior volume de publicações.

Em se tratando da captura de carbono, a abordagem mais comum é o mapeamento integrado com outros Serviços Ecosistêmicos (PARRON, FIDALGO, *et al.*, 2019). Destacam-se, no contexto da análise e modelagem de sistemas ambientais, as pesquisas que utilizam modelos de mudança de uso do solo para estimativa de fluxos e estoques de carbono. (WATANABE e ORTEGA, 2014; 2011).

Abordagem semelhante é dada para o controle de erosão, sendo que a maior parte dos estudos incluem a utilização da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS ou USLE, *Universal Soil Loss Equation*, na sigla em inglês) em suas análises.

Para os serviços de provisão, publicações conectadas com o agronegócio surgem com destaque, fato corroborado pela alta representatividade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) entre as instituições citadas nas publicações (PARRON, FIDALGO, *et al.*, 2019). Tais pesquisas, no cômputo geral, enfatizam o papel econômico do Brasil como produtor de alimentos, fibras e biocombustíveis, os conflitos dessas atividades com a manutenção da biodiversidade e o papel dos serviços de regulação e suporte na produtividade de lavouras e pastos. (FARLEY, SCHMITT, *et al.*, 2015; MARTINELLI e FILOSO, 2009).

No caso específico de provisão de água, o foco mais comum das pesquisas são os impactos da degradação dos ecossistemas sobre os recursos hídricos e propostas de restauração de áreas degradadas, visando proteger e aumentar a recarga dos aquíferos e os fluxos de águas subterrâneas e superficiais. Nesse contexto, são citados programa de Pagamentos por Serviços Ambientais, como o bem-sucedido caso do Programa Conservador das Águas, em Extrema, Minas Gerais⁹ (RICHARDS, REROLLE, *et al.*, 2015; SOUZA, GALLARDO, *et al.*, 2018). Modelos hidrológicos, de uso e ocupação do solo e de simulação de mudanças na paisagem são utilizados para mostrar conflitos relacionados à redução do

⁹ Ver mais sobre o Programa Conservador das Águas no capítulo 2.4.5.

volume de água potável (KOSCHKE *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2014; SAAD *et al.*, 2016; CARBONE, COUTINHO, *et al.*, 2020).

A categoria menos estudada é a de serviços culturais (PARRON, FIDALGO, *et al.*, 2019). Em geral são estudos qualitativos, que avaliam a percepção das pessoas sobre as contribuições da natureza para atividades culturais. Também há estudos relacionando a oferta e demanda de Serviços Ecossistêmicos culturais e a atividade turística (BACHI, 2018) e considerando as possibilidades de valoração dos SE culturais como alternativa para conservação (GVCES, 2016).

Nota-se, porém, que é mais comum estudar os Serviços Ecossistêmicos de forma integrada do que isoladamente (PARRON, FIDALGO, *et al.*, 2019). Essa abordagem faz mais sentido quando se observa as propriedades sistêmicas dos ecossistemas e os SE como elementos desse sistema. Por definição, um sistema consiste em

“uma totalidade que é criada pela integração de um conjunto estruturado de partes componentes, cujas interrelações estruturais e funcionais criam uma inteireza que não se encontra implicada por aquelas partes componentes quando desagregadas” (HAIG, 1985 apud CRISTOFOLETTI, 1999 p.5).

Em síntese, o sistema é composto por um conjunto de elementos interrelacionados, que se retroalimentam e que juntos formam um novo conjunto, com características próprias (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A retroalimentação, ou *feedbacks*, entre os Serviços Ecossistêmicos são denominadas *trade-offs* e sinergias. Os *trade-offs* ocorrem quando a provisão de um SE é reduzida como consequência do aumento do uso de outro, caracterizando um *feedback* negativo. Por outro lado, quando o aumento de uso de um serviço leva ao incremento na provisão de outro tem-se uma retroalimentação positiva, uma sinergia (Figura 6).

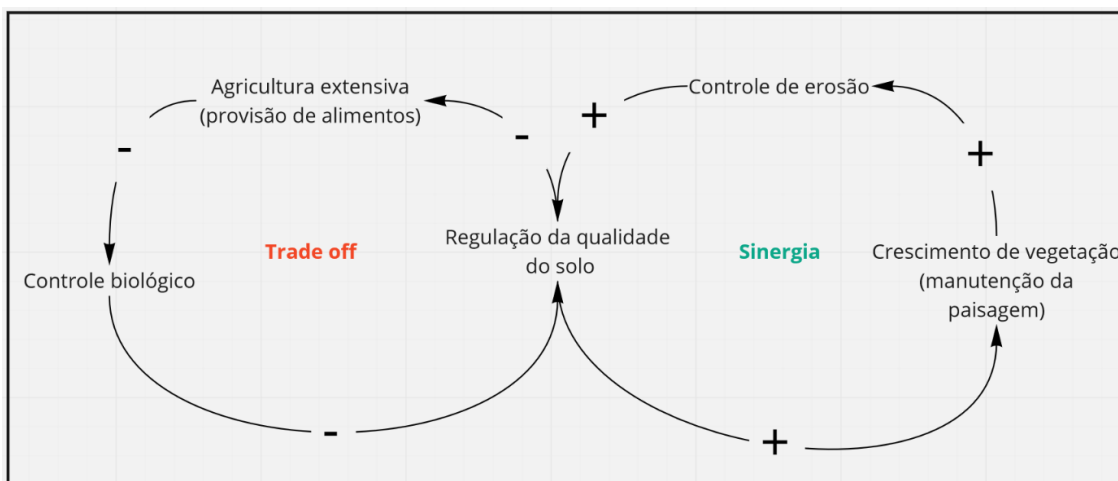


Figura 6: Exemplo esquemáticos de trade-offs e sinergias em um ecossistema.

Fonte: Elaborado pela autora

Conhecer as sinergias e *trade offs* é essencial para tomar melhores decisões sobre a gestão dos ecossistemas, ou seja, “entender quem são os ganhadores e perdedores ou, em outras palavras, quem irá ganhar com uma determinada mudança no *mix* de serviços e quem irá perder.” (RENNER, EMERTON e KOSMUS, 2019)

Os SE, portanto, não são homogêneos, e a oferta e demanda por eles se altera no tempo e no espaço. Nesse sentido, estudos diversos destacam a possibilidade de identificação dos SE ofertados por meio das características espaciais da paisagem, como cobertura da terra e vegetação (FISHER, TURNER e MORLING, 2009; BACHI, 2018; SCHULER e RUHBERG, 2018; SOLERA, 2020). Isso pode ser apropriado se o contexto de decisão for relacionado à gestão de uma determinada paisagem para favorecer a prestação de Serviços Ecossistêmicos em todas as escalas (FISHER, TURNER e MORLING, 2009).

Deve-se ter em mente que embora a oferta dos serviços esteja associada à paisagem, os SE passam por mudanças desde o local em que são gerados até o local da sua utilização, em três formas: 1) Processos biofísicos que mudam ao longo da paisagem; 2) Benefícios e beneficiários que mudam ao longo da paisagem; 3) Custos de fornecimento que variam, dependendo de sua localização na paisagem. (RENNER, EMERTON e KOSMUS, 2019). A incompatibilidade espacial entre a área onde o serviço ecossistêmico é produzido e a área que se beneficia dele é um desafio nas tomadas de decisões. Fisher e equipe (2009) descrevem as principais relações espaciais possíveis entre as áreas de oferta de SE e de consumo dos benefícios (Figura 7).

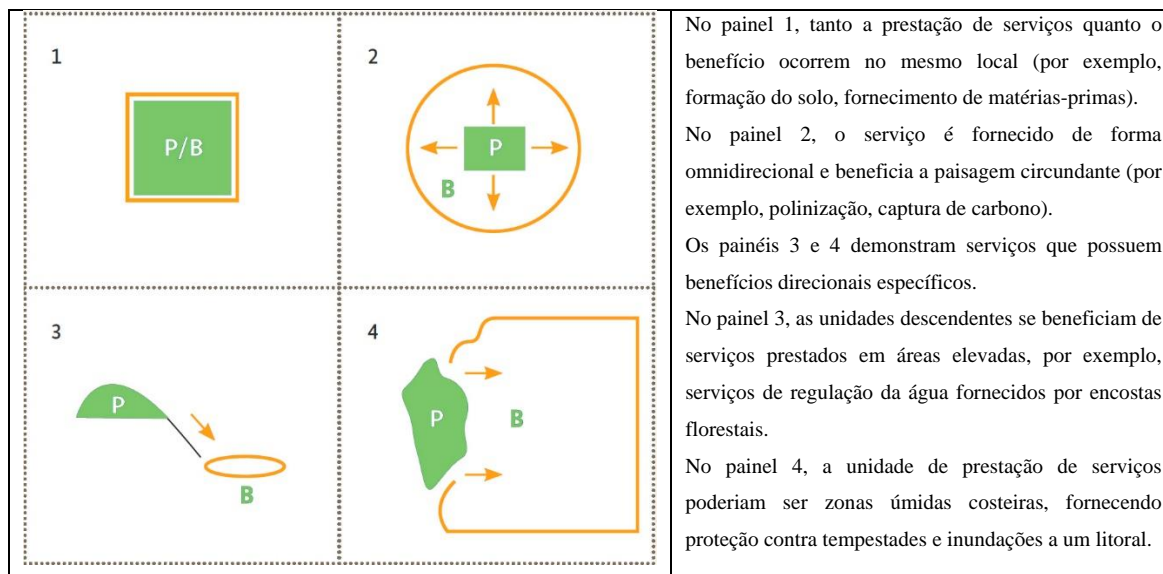


Figura 7: Possíveis relações espaciais entre áreas de produção de serviços (P) e áreas de benefícios de serviços (B).

Fonte: Fisher et al. 2009

Dessa forma, mapear as áreas-chave para a oferta de Serviços Ecossistêmicos (SE) é essencial para o desenvolvimento de estratégias que garantam seu fornecimento futuro, bem como orientar na tomada de decisão para redução de desigualdades socioambientais. Esses mapas também são importantes para avaliar os *trade-offs* e sinergias entre múltiplos serviços.

Quando não há dados de observação adequados sobre o fornecimento de serviços disponíveis, requisitos espaciais e relações quantificadas derivadas da literatura ou modelos de processo, como os vinculados às características de cobertura da terra podem ser usados para mapear as funções da paisagem e serviços derivados (DE GROOT, ALKEMADE, *et al.*, 2010).

Matínez-Harms e Balvanera (2012) relatam que do mesmo modo em que cresce o interesse acadêmico pelo estudo e identificação dos Serviços Ecossistêmicos, houve um rápido aumento no número de estudos focados na sua distribuição espacial, utilizando diferentes métodos para mapear SE para tomada de decisão. As pesquisadoras identificaram três abordagens principais: 1) Valoração de SE aplicando-se valor monetário a um mapa de cobertura do solo com base em estudos anteriores de locais com cobertura da terra semelhante; 2) Integração de dados biofísicos já obtidos para a área de estudo com percepções obtidas a partir de pesquisas com a comunidade local e; 3) Avaliação da relação entre ecologia mensurável (ex: clima, cobertura do solo, dados hidrológicos tec) e variáveis sociais

(dados do censo, camadas rodoviárias etc.) para mapear e quantificar os SE fornecidos no espaço.

Os serviços de regulação são os mais mapeados, sobretudo os relacionados a captura de carbono. Destaca-se a aplicação de relações causais baseadas em dados secundários para mapeamentos dessas ofertas, como por exemplo o mapeamento do SE de regulação da fertilidade do solo usando indicadores tabulados de matéria orgânica na composição do solo cada município e extrapolando esses valores para camadas cartográficas com os limites administrativos (RAUDSEPP-HEARNE et al., 2010 apud MARTÍNEZ-HARMS e BALVANERA, 2012).

No caso dos serviços de provisão e suporte, sobretudo nos relacionados à atividade agrícola, além da abordagem mencionada, também é comum o mapeamento utilizando modelos de regressão espacial e associações estatísticas a partir de dados de sensoriamento remoto.

Já para serviços culturais, cujo mapeamento é mais raro, normalmente são consideradas as relações causais com elementos espaciais, como distâncias a estradas, cobertura da terra e nível de acesso. Também é comum a associação de mapas de cobertura da terra com dados primários e pesquisas com a comunidade local. O uso de foto-questionários (RIBEIRO, MIGLIOZZI, et al., 2013) para associação padrões espaciais da paisagem aos Serviços Ecossistêmicos culturais relacionados a atratividade turística (BACHI, 2018) é um exemplo.

É mais comum o mapeamento em escala regional, sendo raros os estudos abordando as escalas local e global. O que provavelmente se relaciona com a dificuldade de obtenção de dados e tempo para realização de estudos mais detalhados em pequenas áreas ou com nível de abrangência e significância suficiente para abordar todo o planeta. (MARTÍNEZ-HARMS e BALVANERA, 2012).

Eigenbrod (2010) destaca que muitas vezes o principal obstáculo ao mapeamento é a ausência de dados confiáveis. O autor divide os métodos de mapeamento de SE entre aqueles que são baseados em pelo menos um dado primário amostral e os baseados em *proxies*, mais comuns, que usam em geral dados de cobertura da terra e variáveis previamente conhecidas da região) (EIGENBROD, ARMSWORTH, et al., 2010). O Quadro 1 mostra as vantagens e desvantagens de cada método segundo o pesquisador britânico.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos métodos de mapeamento de SE conforme Eigenbrod

Método	Vantagens	Desvantagens
Com uso de dados primários		
Amostragem representativa de toda a região de estudo (por exemplo, dados de atlas; pesquisa em toda a região)	Melhor estimativa em relação ao real nível de oferta dos SE	Alto custo e dificuldade de obtenção dos dados Grau de erro depende da intensidade da amostra
Superfície modelada com base na amostragem de dentro da região de estudo	Exige menos amostras do que uma amostragem representativa A modelagem equalizará a heterogeneidade da amostragem	A modelagem poderá mascarar a heterogeneidade verdadeira no serviço O erro dependerá do tamanho da amostra e do ajuste às variáveis modeladas
Com uso de proxies		
Proxy baseado em cobertura da terra	Permite o mapeamento de Serviços Ecosistêmicos em regiões onde faltam dados primários	A equivalência da proxy com os dados reais pode ser muito pobre
Proxy baseado em combinação lógica de variáveis causais prováveis	Pode oferecer uma grande melhoria no desempenho em relação ao uso isolado de proxies baseados em cobertura da terra, sem a necessidade de muitos dados adicionais	O potencial para grandes erros ainda é alto se as variáveis causais assumidas não forem de fato bons preditores. Demanda boa seleção e bom uso das <i>proxies</i> . “A propagação de erros fará com que qualquer tentativa de selecionar áreas prioritárias para vários Serviços Ecosistêmicos com base em proxies provavelmente resultará em um ajuste inadequado aos dados reais” (EIGENBROD, ARMSWORTH, <i>et al.</i> , 2010, p. 383)

Fonte: adaptado e traduzido de EIGENBROD, ARMSWORTH, *et al.*, 2010

O Quadro 2 apresenta as recomendações de métodos de mapeamento de Serviços Ecosistêmicos a partir dos estudos de Martínez-Harms e Balvanera (2012) e do Relatório de Mapeamento e Avaliação dos Ecossistemas e seus Serviços da União Europeia (MAES, 2014), adaptado para a realidade urbana brasileira no contexto do Projeto TEEB Regional–Local (RENNER, EMERTON e KOSMUS, 2019; SCHULER e RUHBERG, 2018).

Contudo é fundamental reconhecer que é possível, e por vezes recomendável, a utilização de uma combinação de tipos de métodos para um mesmo mapeamento de Serviços Ecosistêmicos, utilizando, por exemplo, modelagem e métodos empíricos, de modo a melhor aproveitar as informações e dados disponíveis (SCHULER e RUHBERG, 2018).

Quadro 2: Métodos de mapeamento recomendados pelo Projeto TEEB Regional Local

	TIPO DE MÉTODO	BREVE DESCRIÇÃO	ESCALA DE DADOS DEMANDADA OU RECOMENDADA
	Matrizes binárias e qualitativas (<i>look up tables</i>)	Uso de valores constantes de serviços ecossistêmicos (obtidos de estudos em outros lugares e escalas, ou de conhecimento de especialistas) para cada classe de cobertura da terra.	Nacional
	Conhecimento de especialistas	Classificação, por especialistas, do potencial de diferentes tipos de cobertura da terra em prover serviços ecossistêmicos específicos, segundo conhecimento prévio.	Nacional Regional
	Relações causais	Incorporação de conhecimento existente sobre como as diferentes camadas de informação (ex: classe de cobertura da terra) se relacionam aos processos e serviços ecossistêmicos, para criação de uma nova camada representante (<i>proxy layer</i>) dos serviços ecossistêmicos.	Regional Local Específica
	Extrapolação de dados primários	Dados de campo (geralmente de classes de cobertura da terra) ponderados e extrapolados para a área total analisada.	Nacional Regional
	Modelos de regressão	Modelagem da relação entre as amostras de campo de SE, e indicadores/proxies ambientais mensurados (p.ex.: dados biofísicos e outras fontes de informação obtidas de SIG).	Local Específica

Fonte: SCHULER e RUHBERG, 2018

De Groot e equipe (2010) ressaltam que, idealmente, a modelagem espacial e dinâmica de Serviços Ecossistêmicos deve incluir métodos participativos. Nesse sentido, o uso de métodos e frameworks de planejamento participativos como a Abordagem da Paisagem (RIBEIRO, 2021) e o Geodesign (STEINTZ, 2012) se fazem relevantes.

De forma geral os estudos reconhecem o potencial da “abordagem de Serviços Ecossistêmicos” para transformar prioridades de gestão e elaboração de políticas

relacionadas. Contudo diversos autores destacam a necessidade de maior desenvolvimento de ferramentas de mapeamento, definições compartilhadas, valoração, análise e incorporação dessa abordagem nas políticas públicas (DE GROOT, ALKEMADE, *et al.*, 2010; MARTÍNEZ-HARMS e BALVANERA, 2012; RENNER, EMERTON e KOSMUS, 2019).

É mais econômico aumentar o esforço de pesquisa do que usar dados de baixa qualidade. Melhorar o conhecimento dos Serviços Ecossistêmicos e seu mapeamento provavelmente apresentará custos menores do que os custos da inação ou os de identificar erroneamente áreas prioritárias para manutenção e ações potencializadoras do SE ali ofertados. (EIGENBROD, ARMSWORTH, *et al.*, 2010)

2.2 Pagamento por Serviços Ambientais

Para adequada gestão da paisagem visando aumento da sustentabilidade a longo prazo, instrumentos de financiamento adequados são essenciais (DE GROOT, ALKEMADE, *et al.*, 2010). Entre as formas de financiamento mais conhecidas está o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Em síntese, o Pagamento por Serviços Ambientais se constitui em uma transação voluntária, na qual um serviço ambiental bem definido ou um uso da terra que possa assegurar este serviço é comprado por, pelo menos, um comprador de, pelo menos, um provedor sob a condição de que o provedor garanta a provisão do serviço. Assim, geralmente, estão presentes três partes interessadas: os provedores que recebem a compensação financeira; os recebedores que pagam pelos serviços; e os mediadores que são órgãos governamentais ou não, atuantes na relação entre provedor-recebedor. (ALMEIDA, SILVA e SANTOS, 2019; WUNDER, BÖRNER, *et al.*, 2008).

A aceção institucional, dada pela Política Nacional de Pagamento Por Serviços Ambientais, (Lei Federal nº 14.119/2021), detalhada em capítulo específico define:

“Transação de natureza voluntária, mediante a qual um pagador de Serviços Ambientais transfere a um provedor desses serviços recursos financeiros ou outra forma de remuneração, nas condições acertadas, respeitadas as disposições legais e regulamentares pertinentes” (BRASIL, 2021, art. 2º)

Trata-se de um mecanismo para gerenciar os ecossistemas, utilizando incentivos econômicos: remuneração para as pessoas ou organizações envolvidas nas ações do PSA; redução direta de impostos ou taxas; crédito em pagamentos futuros, entre outros. Farley e

Constanza (2010) destacam que essa política é estudada por três perspectivas principais: 1) a da Economia Ambiental que prioriza a eficiência econômica e introduz os Serviços Ecossistêmicos seguindo a lógica dos modelos de mercado (ENGEL et al., 2008); 2) a da Economia Ecológica, focada nos múltiplos objetivos da sustentabilidade ecológica, distribuição justa de recursos e eficiência econômica, e que favorece diversos mecanismos de pagamento para atingir tais objetivos (MURADIAN et al, 2010) e; 3) a que rejeita amplamente a possibilidade de pagamentos por Serviços Ambientais e até mesmo a noção de Serviços Ecossistêmicos, entendendo essas visões como mercantilização imprópria da natureza (KOSOY e CORBERA, 2009).

Nesta pesquisa buscou-se aprofundar na segunda abordagem, do ponto de vista da economia ecológica (CONSTANZA, 1991), campo de estudo transdisciplinar que aborda as relações entre ecossistemas e sistemas econômicos no sentido mais amplo. A economia ecológica tem uma visão mais holística, com os seres humanos como um componente (muito importante) no sistema geral. “Essas relações são centrais para muitos dos problemas atuais da humanidade e para construção de um futuro sustentável” (CONSTANZA, 1991, p. 335).

Nesse contexto, a concepção dos programas de PSA segue o chamado teorema de Coase:

“Se direitos de propriedade privada são claramente definidos por contratos executáveis, então o gerador e receptor de uma externalidade pode, por meio de troca voluntária, potencialmente chegar a um acordo que maximize bem-estar social. Além disso, o nível final da atividade geradora da externalidade não será afetada pela atribuição inicial de direitos de propriedade.” (COASE, 1960 apud FARLEY e CONSTANZA, 2010. p. 2063).

O PSA se baseia, portanto, no princípio do protetor-recebedor, ou seja, aplicação de incentivos econômicos ou não, à proteção ambiental, sem a aplicação de sanções ou intervenções na propriedade privada entre as partes. Tais sistemas de compensação tem surgido como uma alternativa às tradicionais políticas ambientais de comando e controle (CEC), orientadas pelo princípio do Poluidor-Pagador. Sepe e Pereira (2015, p. 3) argumentam que a utilização dos instrumentos de CEC como estratégia de preservação, isolada de outros mecanismos, se mostrou ao longo das últimas décadas totalmente ineficaz na garantia da sustentabilidade na gestão e utilização de recursos naturais, a médio e longo prazo. Ao passo que

Os programas de PSA tendem a ser mais eficientes do que as abordagens tradicionais de comando e controle. A razão para esta vantagem é simples: os custos para alcançar um determinado objetivo ambiental raramente são constantes em todas as situações. Instrumentos de mercado, como

PSA, aproveitam essa diferença, concentrando esforços onde os custos são menores. (PAGIOLA, ARCENAS e PLATAIS, 2005, p. 238, traduzido pela autora¹⁰)

O sucesso dos programas de PSA, porém, depende diretamente de sua concepção adequada a realidade local e com correto dimensionamento e mapeamento dos Serviços Ambientais a serem compensados, ou seja, condições informacionais (WUNDER, BÖRNER, *et al.*, 2008). Aspectos como arranjos institucionais, fontes de recursos, envolvimento dos beneficiários, requisitos adequados para acesso ao recebimento de benefícios e sistemas eficientes de fiscalização da prestação dos serviços são essenciais na composição dos programas (ALMEIDA, SILVA e SANTOS, 2019).

Wunder e equipe (2008) destacam ainda a relevância da existência de disposição para o pagamento de um valor ao provedor de Serviços Ambientais por uma externalidade (precondições econômicas), da aceitação e motivação do provedor em fornecer Serviços Ambientais mediante incentivos econômicos (precondições culturais), da confiança mínima entre usuários e provedores de serviços (precondições institucionais).

A Figura 8 apresenta os passos e condições básicas para implantação de um programa de PSA com base nos estudos de Almeida, Silva e Santos (2019); Wunder, Börner e equipe (2008) e; King, Letsaolo e Rapholo (2003).

¹⁰ Citação original: PES programs promise to be more efficient than traditional command-and-control approaches. The reason for this advantage is simple: the costs of achieving any given environmental objective are rarely constant across all situations. Market based instruments such as PES take advantage of this difference, by concentrating efforts where costs are lower.

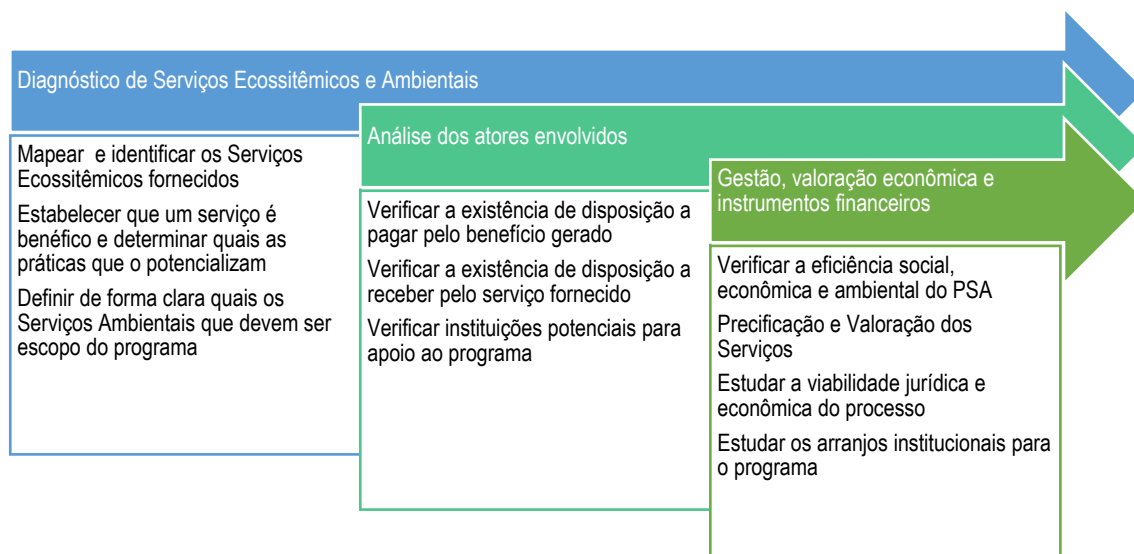


Figura 8: Etapas e condições básicas para implementação de Programas de PSA

Fonte: Elaborado pela autora a partir de Almeida, Silva e Santos (2019); Wunder, Börner e equipe (2008) e; King, Letsaolo e Rapholo (2003)

Nota-se na bibliografia sobre Pagamento por Serviços Ambientais no Brasil um predomínio dos estudos voltados a produtores rurais. São comuns avaliações da efetividade de programas implantados, como Bolsa Floresta, Conservador das Águas e Proambiente e publicações institucionais dos setores de governo voltado a produção agrícola, como EMBRAPA e Ministério da Agricultura. (PARRON, FIDALGO, *et al.*, 2019).

Sepe e Pereira (2015) ressaltam que o PSA em áreas urbanas apresenta um desafio inicial de romper o paradigma do esquema tradicional, que não foi elaborado para as cidades. A perspectiva de qualificação dos serviços providos pelas atividades de recuperação e melhoria da qualidade de água de rios urbanos para posterior avaliação e enquadramento em esquemas de PSA, por exemplo, apesar de amplamente reconhecida como fundamental para a o bem-estar humano nas cidades, ainda é incipiente (SOUZA, GALLARDO, *et al.*, 2018).

Aqui é vital destacar que as grandes cidades, sobretudo as brasileiras e latino-americanas apresentam um cenário bastante desfavorável no que se refere ao acesso igualitário aos benefícios gerados pela natureza. Nesse contexto, as populações mais vulneráveis aos problemas sanitários-ambientais apresentam maior dependência dos Serviços Ambientais cuja valoração serviria como estratégia de mitigação dos riscos aos quais estão submetidas (VOLLMER E GRÊT-REGAMEY, 2013).

Embora a abordagem dos Pagamentos por Serviços Ambientais tenha sido concebida como um mecanismo de melhoria na eficiência da gestão de recursos naturais, pesquisas

apontam que o instrumento pode ser um aliado na redução da pobreza (PAGIOLA, ARCENAS e PLATAIS, 2005). Isso pode ocorrer em função da distribuição de recursos a pessoas menos favorecidas, seja em forma de um impacto positivo automático na execução de programas em regiões coincidentes com áreas economicamente vulneráveis, seja por programas voltados especificamente a beneficiários vulneráveis. Para além das possibilidades de aferir rendimentos, os Programas de PSA podem promover impactos sociais e culturais que afetam positivamente a vida de pessoas pobres.

Contudo, Pagiola (2005) destaca que muitas vezes os programas estabelecidos são voltados a proprietários de terra, condição normalmente não coincidente com os cidadãos mais pobres. Além disso, a natureza voluntária do instrumento, associado ao baixo esforço de engajamento dos programas acabam por gerar baixa adesão das pessoas com menos acesso à informação.

O PSA deve buscar a eficácia econômico-ecológica e a justiça social, entendidas como elementos interdependentes (Simões e Andrade, 2013). Pagiola, porém, argumenta que uma vez que os beneficiários do serviços deixem de ofertá-lo e os pagadores de pagar por ele, nem redução da pobreza nem recursos objetivos de gestão serão alcançados. Nesse contexto ele faz algumas recomendações:

“há muitas coisas que os programas de PSA não podem fazer, não importa o quão desejável eles possam ser numa perspectiva de redução da pobreza. Eles não podem, por exemplo, direcionar suas intervenções para áreas de alta pobreza, pois estas podem não ser as áreas que geram os serviços desejados. Dentro de uma área que gera serviços, eles podem tentar conceber o mecanismo de pagamento de modo a permitir pobres a participar. Os programas PSA também não podem optar por promover práticas específicas de uso da terra apenas com base no fato de os pobres serem capazes de empreendê-los. Mas eles podem procurar fornecer apoio aos pobres usuários da terra, incluindo assistência técnica ou acesso a insumos e crédito” (PAGIOLA, ARCENAS e PLATAIS, 2005, p. 249, traduzido pela autora¹¹)

Neste ponto, é fundamental estabelecer que apesar das recomendações de Pagiola, esta pesquisa busca investigar possibilidades de implementação de programas de PSA em regiões de extrema pobreza, tais como Vilas e Favelas e assentamentos irregulares, desde que apresentem atributos relevantes para a oferta de SE. Nesses locais, iniciativas como hortas

¹¹ Citação original: Thus, there are many things that PES programs can-not do, no matter how desirable they might be from a poverty reduction perspective. They cannot, for example, target their interventions to areas of high poverty, as these may not be the areas that generate the desired services. Within an area that generates services, they can try to design the payment mechanism so as to allow the poor to participate. PES programs also can- not choose to promote particular land use practices solely on the basis of the poor being able to undertake them. But they can seek to provide support to poor land users, including technical assistance or access to inputs and credit, so that they can adopt the desired land use practices.

urbanas, visando a provisão de alimentos e garantia de segurança alimentar, aumento de permeabilidade do solo, visando o controle de erosão e revegetação de encostas e controle de ocupação com o objetivo de prevenção de danos causados por eventos extremos são exemplos de iniciativas já praticadas e que poderiam ser incluídas em programas experimentais, com a devida assistência técnica, financiamento adequado, monitoramento e engajamento de partes interessadas.

2.2.1 A política nacional de PSA e desdobramentos

A Lei Federal nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021, instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (BRASIL, 2021). A Lei tem origem no Projeto de Lei 5.028/2019, encabeçado pela Frente de Deputados pela Economia Verde e pela Frente Parlamentar Agropecuária. Contudo a matéria vem sendo discutida na Câmara dos Deputados desde 2007, sendo que o primeiro projeto de Lei estruturado voltado ao estabelecimento de uma política nacional de PSA é datado de 2009 (ALTMANN, 2010).

Essa Lei define conceitos, objetivos, diretrizes, ações e critérios para implantação da Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA), institui o Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) e o Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), os quais deverão ser geridos pelo Sistema Nacional de Meio Ambiente e se integrar às demais políticas setoriais e ambientais vigentes. (BRASIL, 2021, art. 1º e 4º)

A PNPSA agrupa diretrizes para os programas de PSA existentes e novos projetos. Destacam-se entre seus objetivos, além dos relacionados a promoção do desenvolvimento sustentável, preservação ambiental e dos ecossistemas, o estímulo a iniciativas privadas de provimento de Serviços Ecossistêmicos, a pesquisas científicas relativas à valoração, execução, monitoramento, verificação, certificação de projetos de PSA e a criação de um mercado de Serviços Ambientais (BRASIL, 2021, art. 4º).

Tradicionalmente a legislação ambiental brasileira é baseada em instrumentos de comando e controle e essa Política vem como uma inovação (NUSDEO, 2021).

“Não se pode olvidar a importante contribuição dos instrumentos de comando e controle para a preservação ambiental no Brasil. No entanto, o atual contexto econômico, social e ambiental do País enseja que tais instrumentos sejam complementados por instrumentos de incentivo positivo” (ALTMANN, 2010).

Dessa forma a Lei estabelece entre suas diretrizes a “complementaridade do pagamento por Serviços Ambientais em relação aos instrumentos de comando e controle relacionados à conservação do meio ambiente” (BRASIL, 2021, art. 5º) e o atendimento aos princípios do provedor-recebedor e do usuário-pagador, desde que resguardada a proporcionalidade no pagamento por Serviços Ambientais prestados.

São previstas, além do pagamento direto, outras quatro modalidades de PSA, a saber: prestação de melhorias sociais a comunidades rurais e urbanas; compensação vinculada a certificado de redução de emissões por desmatamento e degradação; títulos verdes; comodato e Cota de Reserva Ambiental (CRA). Outras modalidades de pagamento, desde que pactuadas entre pagadores e provedores de Serviços Ambientais também poderão ser praticadas. As formas de pagamento, porém, não são detalhadas pela Lei, tampouco as formas de custeio possíveis para os potenciais programas, ainda que haja vagas citações à possibilidade de captação de recursos de pessoas físicas e jurídicas e uso das receitas oriundas da outorga de recursos hídricos. (NUSDEO, 2021).

O Programa Federal de Pagamento por Serviços Ambientais (PFPSA), por sua vez, é a efetivação da PNPSA com recursos da União, a serem geridos por órgão colegiado específico. Contempla, em sua maioria, ações voltadas a regiões rurais, como recuperação paisagística por meio de sistema agroflorestal e manejo sustentável de sistemas agrícolas. Contudo cabe destacar que é prevista a “conservação de remanescentes vegetais em áreas urbanas e periurbanas de importância para a manutenção e a melhoria da qualidade do ar, dos recursos hídricos e do bem-estar da população e para a formação de corredores ecológicos” (BRASIL, 2021, art. 7º). Além disso imóveis privados situados em zona urbana que estejam em conformidade com o plano diretor são elegíveis a participar do Programa (BRASIL, 2021, art. 9º).

O Cadastro Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (CNPSA) visa a transparência dos instrumentos previstos pela Lei, e deverá ser mantido pelo órgão gestor do PFPSA, que conterà, no mínimo, os contratos de pagamento por Serviços Ambientais realizados que envolvam agentes públicos e privados, as áreas potenciais e os respectivos Serviços Ambientais prestados e as metodologias e os dados que fundamentaram a valoração dos ativos ambientais, bem como as informações sobre os planos, programas e projetos que integram o PFPSA (BRASIL, 2021, art. 16).

Mais de dois anos depois ainda não houve avanços na regulamentação dessa Lei.

2.3 Desenvolvimento urbano sustentável

Tratar cidade e natureza como opostos de um mesmo espectro não é uma visão incomum, embora questionável. A oposição entre urbano e ambiental aparece não só em estudos acadêmicos, mas também na mídia, nas formulações teóricas sobre sociedade e natureza, na regulação ambiental, nas políticas públicas, nas práticas urbanas e nos movimentos sociais. (COSTA, 2000).

Mas o que define o “urbano” e o “ambiental”? Ambos os termos não são estáticos, e dependem da visão de mundo, natureza e sociedade, variando ainda entre países em diferentes estágios de desenvolvimento (COSTA, 2000). Ainda que não se trate do objetivo desta pesquisa se aprofundar no histórico desses conceitos, a compreensão das definições mais consolidadas pode auxiliar no entendimento da cidade e natureza como partes de um mesmo ecossistema.

2.3.1 A cidade e o urbano

Desde os tempos remotos as sociedades humanas se organizam espacialmente em campo - local de produção e trabalho manual - e cidade - local de trabalho intelectual, trocas e encontros. Nesse contexto, as cidades se formaram como espaço do excedente, do poder e da festa, cenário privilegiado da reprodução social (MONTE-MÓR, 2006). Essa forma de organização social e espacial, segundo Monte Mór (2006, p.6) deu origem a conceitos fundamentais da vida contemporânea, incluindo “cidade” e “urbano”.

Da ideia grega de polis vem o conceito de política, enquanto **do latim *civis* e *civitas* vêm cidadão, cidadania, cidade e mesmo, civilização. Também do latim veio o sentido de urbano**, com dupla conotação: de *urbanum* (arado) veio o sentido de povoação, a forma física da ocupação do espaço de vida delimitado pelo sulco do arado dos bois sagrados que marcava o território da produção e de vida dos romanos; da sua simplificação semântica vieram *urbe* e *urbs*, este último termo referindo-se a Roma, cidade-império, centro do mundo e assim, desaparecido até as grandes cidades da era moderna. (grifo da autora)

Esse processo de concentração de população, investimento de capital e infraestrutura em grandes aglomerados de espaços de assentamento é chamado por Brenner (2018) de urbanização concentrada, que se assemelha ao processo físico de expansão do aglomerado urbano, ou mancha urbana, na paisagem.

Autores como Paul Singer (1973), Kingsley Davis (1970) e Henri Lefebvre (1999), destacam o papel da industrialização nessa forma de urbanização, assim como na construção da cidade moderna e na consolidação do urbano como espaço de poder. Monte-Mór (2006, p.8) consolida essas visões:

“A população vivendo em cidades não ultrapassava 20% em quase todos os países (Davis, 1970) e a **cidade significou condição fundamental para o desenvolvimento da indústria, concentrando a população consumidora, os trabalhadores, e as condições gerais de produção.** [...] A cidade industrial foi assim marcada pela entrada da produção no seio do espaço do poder, trazendo com ela a classe trabalhadora, o proletariado.” (grifo meu)

A industrialização, portanto, condicionou um novo modelo urbano, no qual a festa, o excedente e o poder político foram mantidos - com reforço de seu caráter simbólico - mas condicionados à lógica de produção e trocas monetárias. Da necessidade prover força de trabalho às fábricas surgiram, por exemplo, demandas habitacionais e consequentes regiões urbanizadas no seu entorno. Tal fenômeno levou a extensão do que Lefebvre chama de *tecido urbano* para o espaço regional imediato, e eventualmente até o campo longínquo. (LEFEBVRE, 1999; MONTE-MÓR, 2006).

“O tecido urbano prolifera, estende-se, corrói os resíduos de vida agrária. Estas palavras, ‘**o tecido urbano**’, não designam, de maneira restrita, o domínio edificado nas cidades, mas o conjunto das manifestações do predomínio da cidade sobre o campo. Nessa acepção, uma segunda residência, uma rodovia, um supermercado em pleno campo, fazem parte do tecido urbano.” (Lefebvre, 1999, p.17)

Seguindo este pensamento, o conceito de “urbano” se associa muito mais com o modo de vida da modernidade capitalista do que com as características do espaço em que ele se materializa, não se limitando, portanto, ao que percebemos como cidade. Através do tecido urbano estendem-se o (aparato do) Estado, a legislação (trabalhista e previdenciária), redes de comunicações, serviços urbanos e sociais (produção e consumo) (MONTE-MÓR, 2006). Para Lefebvre, há, portanto, uma tendência de “urbanização completa da sociedade”, ao passo que o tecido urbano tende a se espalhar virtualmente, cada vez mais rapidamente, na escala global. Monte-Mór (2006) denomina esse processo como “urbanização extensiva” (p.12), ou seja, a difusão, para além do espaço físico das cidades, das “condições urbano-industriais de produção (e reprodução) como também a *práxis* urbana e o sentido de modernidade e cidadania” (p.12).

Em seu texto “O que é o Urbano, no Mundo Contemporâneo”, Monte-Mór (2006) conclui esse raciocínio afirmando que, no Brasil, “ao final do século XX, o urbano se fazia

então presente em todo o território nacional” (p.12), integrando espaços rurais e regionais ao espaço urbano industrial.

A urbanização extensiva **caminha assim ao longo dos eixos viários e redes de comunicação e de serviços** em regiões "novas" como a Amazônia e o Centro-Oeste, mas também em regiões "velhas", como o Nordeste, em espaços residuais das regiões mais desenvolvidas, nas "ilhas de ruralidade" no interior mineiro ou paulista.

Brenner (2018) a partir da obra de Lefebvre, descreve esse processo como “urbanização planetária”, ou seja, a subordinação do campo e o avanço de paisagens operacionais para o capitalismo (Figura 9).

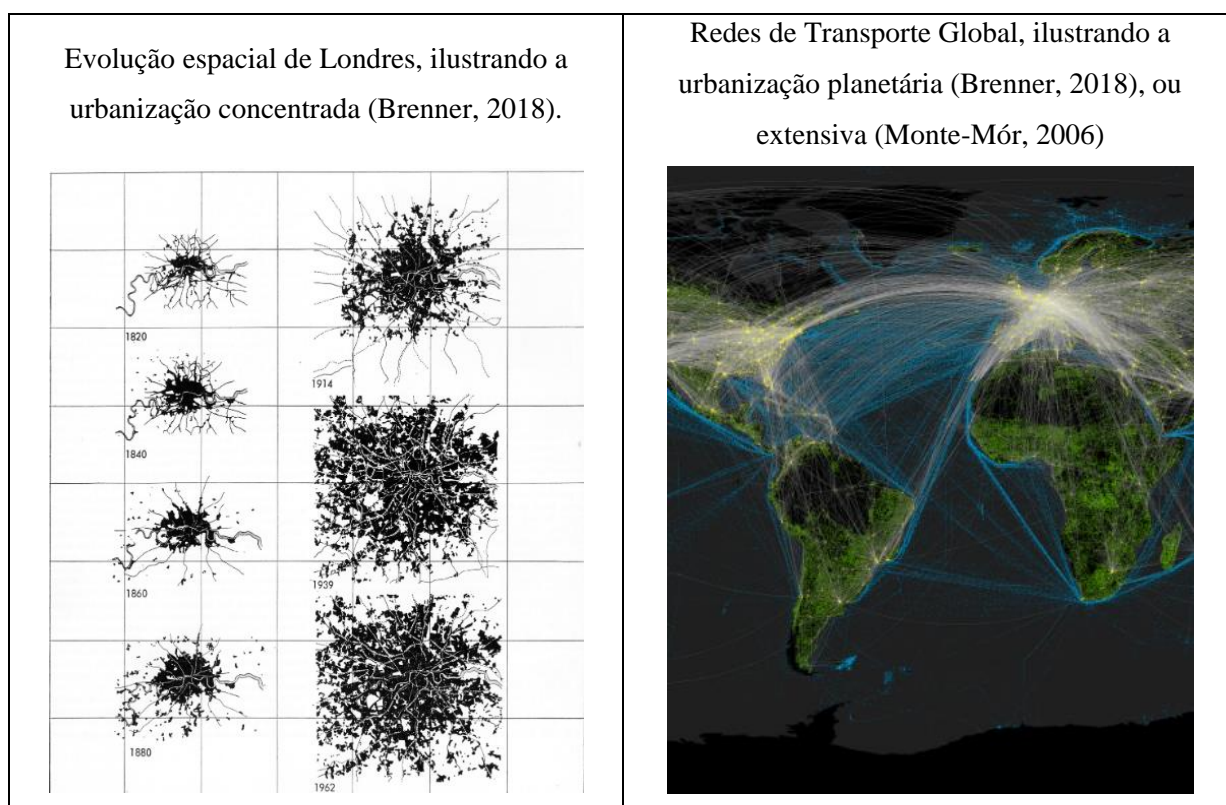


Figura 9: Ilustrações da urbanização concentrada e da urbanização planetária ou extensiva

Fonte: Brenner, 2014

Do ponto de vista da urbanização planetária não há, portanto, fronteiras físicas definidas para o que é urbano e o que não é. Esse processo é ainda mais difuso com o aumento das conexões a partir do avanço recente nas tecnologias de informação e conexão por internet.

Não há, porém, como negar que os processos virtuais de urbanização nem sempre são percebidos, seja pela população, seja pelas metodologias de pesquisa utilizadas nas ciências ambientais. O *tecido urbano* (LEFEBVRE, 1999), exceto quando se apresenta em forma de rodovias e outras formas de infraestrutura, não pode ser captado por imagens de satélite ou

pelo olho humano. Rotas de comunicação e transporte podem ser mapeadas e georreferenciadas, mas nem sempre as dimensões físicas são proporcionais à intensidade de suas conexões.

Nessa perspectiva delimitar geograficamente o que é urbano, ou separá-lo do que é natureza ou meio ambiente torna-se um desafio não só conceitual, mas também de mapeamento.

Do ponto de vista legal, contudo, essa definição se dá pelos perímetros urbanos definidos em Planos Diretores ou leis municipais específicas. Essa demarcação tem implicação direta no preço de terras, muitas vezes realizada sem uma compreensão aprofundada das funções efetivamente existentes ou desejadas no território (GIZ; MDR, 2022).

2.3.2 *O ambiental e a sustentabilidade*

A questão ambiental e o desenvolvimento sustentável têm sido amplamente utilizados e debatidos no mundo contemporâneo. Nos mais diferentes meios os termos “meio-ambiente”, “sustentabilidade”, “preservação ambiental”, “desenvolvimento sustentável” e outros relacionados circulam com diferentes abordagens. Costa (2000) destaca a falta de precisão e conteúdo na divulgação desse conceito “muitas vezes utilizado como se fosse expressão de generalizada aceitação por algum tipo de senso comum” (p. 61).

Assim como para a questão urbana, não se pretende nesta dissertação discutir ou se aprofundar nesses conceitos, tampouco no debate sobre a reprodução deles. Porém, é relevante compreender os aspectos centrais da questão ambiental e do desenvolvimento sustentável para chegarmos ao desenvolvimento urbano sustentável, objeto deste capítulo.

Em meados da década de 1960, como consequência da intensificação de problemas socioambientais flagrantes, como riscos de acidentes nucleares, poluição, intensificação da depleção de recursos naturais e aumento da mortalidade em países subdesenvolvidos por conta de pestes e fome, emerge a consciência de que a civilização contemporânea seria insustentável a longo prazo (VIOLA, 1992). Pinheiro (2019) com base em outros autores¹²

¹² Pinheiro faz um panorama das abordagens de Viola e Leis (1992), Feenberg (1999), Diegues (1996) e Acselrad (2001) para traçar um histórico do movimento ambientalista.

descreve que tal preocupação, a princípio gerou um efeito conservacionista, inclusive com vertentes biocêntricas¹³, resultando em um *boom* na criação de Unidades de Conservação.

A partir dos anos 1970, contudo, há uma mudança no enfoque da problemática ambiental, que passou cada vez mais a considerar abordagens que buscam associar o desenvolvimento econômico à preservação ambiental. O movimento ambientalista passa então a se estruturar em três setores: Estado (dimensão institucional), Comunidade (dimensão social) e Mercado (dimensão econômica) (VIOLA, 1992), e consagra-se o conceito de sustentabilidade (COSTA, 2000).

A concentração do poder de controle dos recursos naturais nas mãos de poucos agentes, com a conseqüente homogeneização do território e de sua diversidade social, levou à aproximação dos discursos ambiental e de resistência social. Ao mesmo tempo, grupos científicos se articularam para discutir a problemática ambiental e uma parcela do setor empresarial se envolveu no debate. (PINHEIRO, 2019, p. 88)

O primeiro marco da discussão global sobre a sustentabilidade foi a Conferência de Estocolmo, evento das Nações Unidas sobre a temática ambiental, que teve como grande desafio as disparidades socioeconômicas entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento. O Brasil, juntamente com a China liderou a aliança dos países periféricos contrários a reconhecer a importância dos problemas ambientais (VIOLA, 1992).

O termo desenvolvimento sustentável, porém, foi utilizado pela primeira vez em 1987, no relatório “Nosso Futuro Comum”, elaborado pela Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento:

Em essência, **desenvolvimento sustentável é um processo de mudança** no qual a exploração de recursos, o direcionamento dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional estão todos em harmonia e enfatizam concomitantemente o atual e o futuro potencial para atender às necessidades e aspirações humanas (ONU, 1987, p. 43, apud PINHEIRO, 2019, p.89).

Dessa perspectiva, que considera que apenas um aspecto do desenvolvimento não é suficiente para promover qualidade de vida a todos, surge as três dimensões da sustentabilidade: ecológica, econômica e social.

¹³ O biocentrismo é uma teoria que propõe a noção de que todas as formas de vida são iguais e moralmente importantes, ao contrário do antropocentrismo — que considera a humanidade como o centro do universo. “Todo animal e planta, na concepção biocêntrica de Taylor, tem um valor inerente, por ter um bem próprio que ninguém deve destruir” (FELIPE, 2009)

A partir dos anos 1990, a preocupação com o aquecimento global e a emissão de gás carbônico toma o centro das discussões ambientais. A ameaça de mudanças climáticas acendeu um alerta nos governos, empresas e nos cidadãos sobre o futuro da sociedade.

Com a ameaça da mudança climática, novamente a relação população, desenvolvimento e meio ambiente voltou à pauta das discussões acerca do futuro da sociedade, pois as comunidades apresentam diferentes graus de vulnerabilidade e capacidade de adaptação frente às alterações ambientais prognosticadas (PINHEIRO, 2019, p. 90)

Mais recentemente nota-se um crescimento no interesse do setor empresarial na questão ambiental, fomentado por processos de certificação e comercialização de créditos de carbono, exigências legais e aumento da demanda de consumo por produtos mais ecológicos. Esse cenário corrobora com os conceitos da economia ecológica (CONSTANZA, 1991)¹⁴, e com as possibilidades de viabilização do desenvolvimento sustentável a partir de soluções com efeito econômico.

Como aponta Costa (2000), o campo dos estudos ambientais vem experimentando, simultaneamente, o alargamento de suas bases conceituais e a multiplicação da quantidade de estudos e áreas do conhecimento envolvidas. Por outro lado, a autora ressalta, apoiada nos escritos de Harvey (1996, apud COSTA, 2000), que há um ponto cego gerado pela hostilidade do movimento ambientalista em relação as cidades: “A dimensão espacial/urbana das análises permanece subestimada ou mesmo inexistente ou, ainda, numa perspectiva mais radical, até mesmo negada como não-ambiental, não-natural” (COSTA, 2000, p. 57).

O item seguinte pretende discutir este ponto cego e apontar os estudos que consideram a dimensão ambiental no espaço urbano, ou como coloca Costa (2000), o meio ambiente urbano, tendo em destaque o conceito de desenvolvimento urbano sustentável.

2.3.3 *A dimensão ambiental do espaço urbano*

Se por um lado a dimensão ambiental no estudo da questão urbana acabou ficando restrito a aspectos mais técnicos, objetivos, sobretudo nas vertentes legais, sanitárias e da articulação de movimentos sociais em torno de conflitos ambientais nas áreas urbanas, por outro, tradicionalmente as ciências ambientais tendem a subestimar ou ignorar a dimensão

¹⁴ O capítulo 2.2 - Pagamento por Serviços Ambientais trata do conceito de economia ecológica de forma mais aprofundada.

urbana nas análises. Diversos autores, porém, argumentam sobre a impossibilidade de se separar os dois campos de estudo

“se o pensamento biocêntrico está correto e as fronteiras entre atividades humanas e do ecossistema devem ser destruídas, isto significa não somente que processos ecológicos devam ser incorporados em nossa compreensão da vida social: significa também que fluxos de moeda e mercadorias e as ações transformadoras dos seres humanos (na construção de sistemas urbanos, por exemplo) têm que ser entendidos como processos fundamentalmente ecológicos. (HARVEY, 1996, apud COSTA, 2000).

No texto “A Cidade como um Híbrido: Natureza, Sociedade e Urbanização-Ciborgue”, Swyngedouw (2001) reflete sobre as relações ecológicas na cidade e a dimensão ambiental do espaço urbano. Para o autor não há nada na cidade que seja antinatural. Nesse local, “sociedade e natureza são inseparáveis, mutuamente integrados, infinitamente integrados e simultâneos” (SWYNGEDOUW, 2001, p. 100).

O principal exemplo por ele colocado é o de beber um copo de água consumido na cidade, que carrega toda a complexidade das relações espaço urbano-natureza-capital, ou seja, “as múltiplas histórias da cidade como um híbrido” (p.101). Envolve primeiramente a trama de recursos hídricos e o ciclo hidrológico que alimentam o abastecimento local, modificados e escondidos pelas obras de engenharia que fazem a água jorrar das torneiras. A potabilidade da água também é influenciada pelas relações urbanas, já que grandes cidades em países subdesenvolvidos sofrem constantemente com falta de água. Ainda que os recursos sejam abundantes, problemas de saneamento, uso e ocupação reduzem o acesso para consumo humano, que fica impossibilitado pela poluição ou condicionado a tratamentos cada vez mais caros. A pureza e naturalidade da água limpa ganha então um valor, que tem sido capturado pela indústria de água mineral, consumida em massa nas cidades como uma alternativa rápida e saudável. Fora isso, há ainda a dimensão simbólica da água como elemento de poder, é ela quem garante os privilégios da higiene urbana, do lazer em lagos límpidos e piscinas e da irrigação de jardins luxuosos que revelam à primeira vista a posição social do indivíduo.

Não há, portanto, como segregar quais desses elementos são naturais e quais são urbanos, eles existem em um sistema¹⁵, integrados como parte de um todo.

“As cidades atualmente caracterizam -se como um sistema ecológico aberto, cuja demanda por energia e insumos abrange um território muito maior do que o espaço físico que elas efetivamente ocupam. O mesmo ocorre com a transferência dos rejeitos gerados pelo “metabolismo” urbano: gases poluentes são transportados para áreas distantes, efluentes são lançados em cursos de água que

¹⁵ Cabe aqui a definição de sistema de Cristofolletti.

perpassam áreas a jusante e resíduos sólidos são aterrados em municípios vizinhos.” (ARAÚJO e PINHEIRO, 2017)

Carvalho (1999), corroborando com essa visão sistêmica traz o conceito de “cidade geossuportada”, que consiste em compreender o espaço urbano como resultante do empilhamento de três camadas. A mais profunda é definida como infraestrutura, que nesse caso é o substrato geológico e os recursos naturais que dão sustentação aos processos de urbanização e lhe dão sustentabilidade, seguida da mesoestrutura, que inclui o sistema viário e demais redes com função de proporcionar condições de funcionamento à cidade. Por fim têm-se a camada mais superficial, chamada de superestrutura, que é aquela que contém as edificações destinadas à moradia, comércio, lazer e outros serviços urbanos. Esse entendimento ressalta a necessidade de considerar os elementos naturais no processo de urbanização, pois são parte dele.

Outros tantos exemplos de atividade rotineiras na vida urbana poderiam ser dissecados em busca de sua dimensão natural: respirar ar puro, caminhar sobre a sombra das árvores, utilizar transporte abastecido por combustíveis à base de carbono etc. Do mesmo modo, ações que possam ser vistas como de proteção ambiental ou estritamente naturais, na cidade carregam uma dimensão urbana: a proteção de corpos d’água e áreas verdes depende da regulação de uso e ocupação, o controle biológico de pragas precisa estar associado a medidas de conscientização e sanitárias, o plantio de árvores precisa ser compatível com a infraestrutura urbana do local etc.

Sendo a natureza parte da organização do espaço urbano, não algo externo às cidades, emerge o desafio, ressaltado por Costa (2000), de se coordenar as políticas urbanas e ambientais. Os problemas urbanos, desse ponto de vista, se estendem para as soluções ambientais, e vice-versa.

As cidades, organizadas pela lógica do capital, tendem a reproduzir a desigualdade espacial entre seus habitantes, com zonas de homogeneidade social interna. De acordo com Castells (1975), essa desigualdade na distribuição dos serviços públicos favorece os interesses das classes dominantes, promove a segregação urbana e intensifica as lutas de classes.

As áreas com melhor infraestrutura e qualidade de vida são mais atrativas para empreendimentos imobiliários de alta renda. Por outro lado, áreas com alta vulnerabilidade ambiental e baixa oferta de Serviços Ecossistêmicos são ocupadas por favelas e outros tipos de assentamentos precários. É nesses locais que se concentram os “incapazes de acesso à terra

pela lógica de mercado, mediada predominantemente por trocas monetárias” (SILVA, 2003 p.72). Essa dinâmica contribui para a reprodução da desigualdade espacial nas cidades.

Henri Acselrad (2015) define esse processo como injustiça ambiental, ou seja, “a distribuição locacional das atividades portadoras de riscos de forma concentrada para áreas ocupadas por populações mais suscetíveis a agravos” (p. 61). O autor destaca que nessa perspectiva, o caminho para uma sustentabilidade urbana parte do enfrentamento das condições de vulnerabilização dos grupos sociais mais despossuídos e menos representados nas esferas do poder.

A paisagem urbana é suporte para o desenrolar dos processos ambientais e socioeconômicos, mas não é meramente passiva, pois também apresenta, de forma dialética, mecanismos de reforço e reprodução da desigualdade. A continuidade desse sistema tende a ir contra aos propósitos de desenvolvimento urbano sustentável. Por isso se fazem necessárias políticas públicas direcionadas, que partam da identificação das regiões com maior vulnerabilidade socioambiental, engajamento das comunidades ali presentes e priorização de investimentos nessas áreas.

O item seguinte trata de exemplos dessas políticas e tentativas de manutenção dos Serviços Ecossistêmicos no meio ambiente urbano.

2.4 Políticas urbanas voltadas para o desenvolvimento sustentável no Brasil

Como tratado em detalhe no item anterior, o meio ambiente não pode ser entendido como algo externo à vida urbana, uma paisagem, necessariamente verde, descolada das dinâmicas socioeconômicas. Contudo, as políticas ambientais e urbanas no Brasil muitas vezes são pensadas de forma desconectada. Araújo, Campante e Pinheiro (2021) relatam que são comuns capítulos de Política Ambiental em Planos Diretores Municipais que se restringem a diretrizes para implantação de áreas verdes e unidades de conservação, quase sempre isoladas, e ao tratamento de questões relacionadas ao controle de atividades poluentes.

Não há como negar, apesar disso, a existência de experiências relevantes no contexto do planejamento territorial que consideram a necessidade de integração das agendas ambiental e de desenvolvimento urbano para promoção de cidades mais sustentáveis e mais justas. São descritas na sequência as iniciativas de zoneamentos multifuncionais associados a estudos de impacto, Zoneamento Ambiental Municipal (ZAM), Sistemas de Áreas Verdes,

Trama Verde-Azul na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e Programa Conservador das Águas, em Extrema/MG.

2.4.1 Zoneamentos multifuncionais associados a estudos de impacto

O principal instrumento de política urbana no país é o Plano Diretor, regido pela Lei Federal 10.257/2001 (Estatuto da Cidade). Tal plano define as normas fundamentais de ordenamento da cidade, incluindo questões vinculadas à estrutura e desenvolvimento urbano, ao meio ambiente, à habitação social, ao patrimônio histórico e cultural, à mobilidade, bem como ao tratamento e a relação dos espaços públicos e privados. As diretrizes territoriais se consolidam no zoneamento, que define quais áreas devem ser preservadas, adensadas, ou restritas a determinados tipos de uso.

Zoneamentos mais atuais, na busca por não reforçar o processo de criação de áreas homogêneas e excludentes descrito por Castells (1975), têm evitado o estabelecimento de zonas monofuncionais (áreas exclusivamente residenciais, ou industriais, por exemplo). Essa opção, embora favoreça a diversidade nas cidades, gera um desafio no controle dos impactos ambientais e urbanos. Entram os instrumentos para evitar e mitigar esses impactos: os tradicionais processos de Licenciamento Ambiental e o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), na escala do município. A partir de estudos específicos é possível definir condicionantes e medidas compensatórias que favorecem a qualidade ambiental na vizinhança de grandes empreendimentos. “Estes instrumentos acrescentam informações técnicas mais detalhadas e contextualizadas, conferindo maior dinamismo e discricionariedade às características estanques do zoneamento.” (ARAÚJO, CAMPANTE e PINHEIRO, 2021). Cabe ressaltar as observações de Araújo e Campante (2013) sobre a necessidade de valorização da dimensão participativa nesses processos, evitando-se agravar cenários de desigualdade ambiental e penalizar populações mais vulneráveis.

2.4.2 Zoneamento Ambiental Municipal (ZAM)

Outro tipo de zoneamento integrante da política urbana estabelecida pelo Estatuto da Cidade, porém de natureza não obrigatória, é o ZA - Zoneamento Ambiental. Tem suas origens na Política Nacional do Meio Ambiente (Lei Federal 6.938/1981) e no Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE). Porém, seja pela ausência de obrigatoriedade ou de regulamentação específica, e até pela dificuldade de restringir o ZEE em escala local a limites

administrativos, não houve sucesso na integração desse instrumento com as políticas urbanas municipais. Partindo desse contexto e do aumento da complexidade das questões ambientais no meio urbano, na reformulação da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU) foi retomada a relevância do instrumento, que passou a ser denominado Zoneamento Ambiental Municipal – ZAM. Sua elaboração foi incluída no Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores, desenvolvido pelos ministérios do Desenvolvimento Regional e do Meio Ambiente em Parceria com a GIZ e o Instituto Pólis (ARAÚJO, CAMPANTE e PINHEIRO, 2021; INSTITUTO PÓLIS, 2022).

O ZAM considera que o sistema ambiental deve ser a base do desenvolvimento urbano, social e econômico do município. Tem como objetivo identificar e sintetizar os atributos ambientais e avaliar a capacidade de suporte do local, incluindo sua infraestrutura, equipamentos e serviços públicos. Isso ajuda a garantir que os padrões de ocupação e uso do solo sejam compatíveis com o desenvolvimento sustentável. Uma das principais contribuições do ZAM é apoiar a elaboração e revisão do Plano Diretor, fornecendo informações para a leitura do território, proposta de macrozoneamento, definição de áreas de expansão urbana e indicações para áreas já urbanizadas e para a zona rural (INSTITUTO PÓLIS, 2022).

2.4.3 *Sistemas de Áreas Verdes (SAV)*

A recente reformulação da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano também ressaltou a relevância dos Sistemas de Áreas Verdes (SAV) para criação de cidades mais sustentáveis. O SAV é apontado no Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores como um dos sistemas estruturantes do território municipal e abrange todas as áreas verdes do município, incluindo aquelas localizadas na zona urbana e rural, públicas ou privadas, protegidas por legislação ambiental ou não. A partir de dados espaciais sistematizados, é possível realizar diversas análises sobre essas áreas, como o tamanho, as principais funções e Serviços Ecossistêmicos, a conectividade, a acessibilidade e os usos, além da capacidade de mitigação e importância para a adaptação aos eventos climáticos. Para levantar, organizar, divulgar e monitorar o SAV, é fundamental que as gestões municipais empreguem Sistema de Informações Geográficas (SIGs). (SOLERA, 2020)

Araújo, Campante e Pinheiro (2021) recomendam que o SAV faça parte do Plano Diretor do município de forma integrada com o zoneamento, além de outros instrumentos,

como o Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), a Outorga do Direito de Construir (ODC) e a Transferência do Direito de Construir (TDC) e o licenciamento ambiental.

2.4.4 *Trama Verde-Azul*

Com a retomada do planejamento em nível metropolitano no estado de Minas Gerais nos anos 2000, foi elaborado o Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Belo Horizonte (PDDI – RMBH), conduzido pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e que ainda aguarda aprovação pela Assembleia Legislativa de Minas Gerais, conforme previsto pela Lei Federal nº 13.089/2015 (Estatuto da Metrópole). A abordagem da questão ambiental pelo PDDI deu origem   proposta da denominada “Trama Verde e Azul (TVA)”, uma ampla rede de prote o e recupera o de recursos naturais associada   cria o de oportunidades para usos e fun es múltiplas, que constitui um dos elementos de reestrutura o do espaço metropolitano. (ARAÚJO; COSTA, 2017).

A TVA foi inspirada na experiência de planejamento territorial da antiga região minerária de Nord-Pas-de-Calais, no norte da França, denominada *Trame Verte et Bleue du Bassin minier de Nord-Pas de Calais* (Trama Verde e Azul da bacia de minera o de Nord-Pas de Calais) (OLIVEIRA e COSTA, 2018). Oliveira e Costa (2018) destacam que sua concep o está intimamente relacionada   Ecologia da Paisagem.

“A ecologia da paisagem encontrou um terreno fértil nas políticas de planejamento territorial a partir da Eco-92, com a expansão da ideia de desenvolvimento sustentável e das propostas de Agenda 21. Além das políticas europeias lançadas nesse período, a proposta da Trama Verde e Azul de Nord-Pas-de-Calais também se insere nesse contexto.” (OLIVEIRA e COSTA, 2018, p. 544)

Outra inspira o apontada por Araújo, Campante e Pinheiro (2021)   o projeto DRENURBS, realizado há cerca de 18 anos no município de Belo Horizonte e que tinha como objetivo a recupera o urbana, com foco na bacia hidrográfica, através de interven es integradas de habita o e remo o de assentamentos em área de risco, integradas a soluço de saneamento, mobilidade e convivência social.

A trama se organiza em espaços de natureza (que seriam as manchas ou fragmentos da ecologia da paisagem) e corredores ecológicos (seguindo sua fun o original de conexão entre áreas núcleo das manchas) e itinerários de deslocamento, uma espécie de corredor ecológico para pessoas.

No contexto do PDDI-RMBH a TVA surgiu como uma alternativa para centralizar a discussão em elementos que tradicionalmente não são o principal foco do planejamento urbano, como os rios e suas margens e as áreas não construídas e vegetadas, “com todo o potencial que podem ter na conformação de um espaço urbano mais inclusivo, diverso e democrático” (OLIVEIRA e COSTA, 2018, p. 548). Foi concebida a partir de quatro dimensões básicas: ambiental, sociocultural, mobilidade e gestão de risco geológico e de inundações.

O mapeamento das espacialidades relevantes para a construção dessa trama na RMBH abrangeu sítios arqueológicos, cavidades naturais, centros culturais, parques e outras áreas protegidas em âmbito federal, estadual e municipal, áreas de produção agroecológicas, manchas de vegetação nativa remanescente, atividades minerárias, recursos hídricos e rede hidrográfica, situados em áreas urbanas e rurais.

“O desenho da TVA abraça um conjunto de princípios e uma estrutura física geral a ser detalhada, adaptada e adotada por agentes sociais públicos, privados e comunitários que produzem e utilizam o espaço metropolitano, estabelecendo uma rede crescente de recursos e práticas naturais e construídos, valores coletivos ambientais que articulam natureza, cultura, desenvolvimento econômico e social”. (ARAÚJO, CAMPANTE e PINHEIRO, 2021)

Oliveira e Costa (2018) ressaltam que para além de sua importância como política de regulação urbana a Trama-Verde azul cria oportunidades de articulação e fortalecimento de atores da transformação socioespacial.

Entre esses fragmentos vivos da trama estão os agricultores e ativistas da agroecologia urbana, os cuidadores de nascentes, os movimentos de apropriação das áreas verdes e jardins comunitários, os cicloativistas, cicloturistas, ecociclistas, entre diversos outros sujeitos e experiências que buscam a (re)apropriação de espaços e identidades, propondo outros cotidianos possíveis. (OLIVEIRA e COSTA, 2018)

2.4.5 *Programa Conservador das Águas – Extrema/MG*

O município de Extrema se localiza no sul de Minas Gerais, na borda da Serra da Mantiqueira e divisa com o estado de São Paulo. Apesar da principal iniciativa de preservação ambiental no município, o Projeto Conservador das Águas, ser voltada às áreas rurais, pela sua relevância e inovação no contexto nacional, julgou-se necessário abordá-la nesta pesquisa.

O projeto tem raízes na década de 1990, quando a partir do Programa Nacional de Meio Ambiente o município criou o Projeto Água e Vida, visando o manejo de bacias hidrográficas da região. Notou-se na época, porém, que não havia dados ambientais

suficientes para embasar as políticas, o que culminou na realização, em 2001 de um diagnóstico ambiental completo, com base em imagens georreferenciadas e mapeamento da cobertura e uso da terra (JARDIM e BURSZTYN, 2015). Jardim e Bursztyn (2015) destacam a importância da obtenção e organização desses dados geográficos, que juntamente com a intenção política do município em promover a conservação dos recursos hídricos foi um elemento essencial para implementação do projeto.

O Conservador das Águas foi instituído pela Lei Municipal 2.100 de 2005, obtendo repercussão nacional, por ser o primeiro projeto no Brasil de adequação de propriedades rurais envolvendo o pagamento por Serviços Ambientais (PSA) (CAMPANTE, PINHEIRO, *et al.*, 2020). Consiste basicamente na elaboração de uma planta virtual da propriedade rural, a partir de um levantamento planimétrico, indicando sua atual situação e quais serão as metas propostas para o local. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente é a responsável por elaborar esses projetos, definindo quais ações deverão ser implementadas e as metas a serem atingidas, em função das características da propriedade. Para cada propriedade é celebrado um Termo de Compromisso de quatro anos entre o proprietário e o município de Extrema.

O pagamento pela adesão ao projeto e realização das melhorias (Serviços Ambientais) se dá a partir de uma unidade monetária fiscal estabelecida pelo município: a Unidade Fiscal de Extrema (UFEX). Em retribuição à adesão ao projeto, o proprietário recebe 100 UFEX por hectare, valor equivalente a R\$ 344,00/hectare/ano em 2022.

Os objetivos com esse projeto são: aumentar a cobertura florestal nas sub-bacias hidrográficas e implantar micro corredores ecológicos; reduzir os níveis de poluição difusa rural decorrentes dos processos de sedimentação e eutrofização e de falta de saneamento ambiental; difundir o conceito de manejo integrado de vegetação, solo e água, na bacia hidrográfica do Rio Jaguari; garantir sustentabilidade socioeconômica e ambiental dos manejos e práticas implantadas, por meio de incentivo financeiro aos proprietários rurais. Podem participar os proprietários que tenham propriedade rural com área igual ou superior a dois hectares inserida na sub-bacia hidrográfica trabalhada no projeto (PEREIRA, 2013; (JARDIM e BURSZTYN, 2015; CAMPANTE, PINHEIRO, *et al.*, 2020).

Também estão sendo utilizados outros instrumentos, como a criação de unidades de conservação municipais, sobretudo de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN),

unidade de conservação de uso sustentável segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).

Com o auxílio da The Nature Conservancy (TNC), o município recebeu apoio para implementação de Projetos de Neutralização de Carbono e novas áreas puderam ser recuperadas com os recursos aportados para a carboneutralização de emissões de várias empresas do estado de São Paulo. Em 2016, o município contratou o Inventário de Gases de Efeito Estufa (GEE). O estudo foi concentrado em três principais fontes de GEE: *i*) consumo de gás liquefeito de Petróleo (GLP), *ii*) consumo de combustíveis fósseis e; *iii*) geração de resíduos sólidos. Com esse estudo, foi possível entender a contribuição de cada seguimento (domiciliar, industrial e municipal) para a geração desses GEE e com isso uma nova fonte de recursos para o Projeto foi implementada. Com o devido respaldo legal, a Secretaria de Meio Ambiente passou a ter em seu orçamento anual parte dos recursos arrecadados com o IPVA, IPTU, ISS e ICMS. Tudo isso baseado na área necessária a ser recuperada/conservada para mitigar os efeitos das mudanças climáticas gerados pelas atividades domiciliar, industrial e do município.

Com essas estratégias para geração de recursos, a criação de cargos efetivos e formação de equipe técnica, capacitação contínua e muita dedicação, o município de Extrema possui hoje um dos Projetos mais bem sucedidos e reconhecidos do Brasil. Atualmente o município em parceria com outros atores apoia a disseminação dessas estratégias para a região da Mantiqueira nos estados de MG, SP e RJ.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BELO HORIZONTE

3.1 Histórico de formação ocupação e urbanização

Belo Horizonte faz parte de uma longa tradição de núcleos urbanos planejados no Brasil. Destacam-se, nesse conjunto, as cidades-capitais, cujo papel de sede e representação do poder central encontrava expressão mais acabada no domínio do território pelo planejamento urbano (BOTELHO, 2002).

No período colonial, lugares como Vila Boa de Goiás, Vila Bela (no Mato Grosso) e Mariana (em Minas Gerais), dentre muitas outras, sofreram intervenções que visavam a racionalizar a ocupação inicial, transformando os núcleos precários em urbes permanentes. No século XIX, a cidade de Teresina, transformada em capital do Piauí em 1852, é o exemplo cronologicamente mais próximo dessa mesma preocupação. Por outro lado, ao longo do século XX, essa tradição permaneceu, com os exemplos sucessivos de Goiânia, Brasília e Palmas. (IEPHA; PRÁXIS, 2020, p. 78)

Com a Proclamação da República em 1889, estabelece-se o federalismo no Brasil, que garantiu aos estados, incluindo Minas Gerais maior poder e autonomia nas decisões políticas. Nesse contexto surge a necessidade de construir um novo centro político, levando em consideração as novas dinâmicas da economia estadual, já que o período de abundância de ouro que marcou século XVIII na região mostrava seu fim. O governo estadual estabeleceu então uma comissão para escolha da localização da Nova Capital, que após analisar cinco localidades (Belo Horizonte, Paraúna, Barbacena, Várzea do Marçal e Juiz de Fora) elegeu o local onde foi erguida Belo Horizonte (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997).

As terras que deram origem à cidade eram conhecidas no período colonial como Curral Del Rey, um entreposto comercial que se caracterizava principalmente pela conexão estreita com o abastecimento das minas na região de Sabará e Congonhas de Sabará (atual Nova Lima), a ligação com o gado do sertão e a ausência (ou pouca importância) da mineração aurífera (BARRETO, 1996; LIMA JR., 1964). Contudo a intenção era transformar completamente aquele sítio: a cidade apareceria como símbolo da modernidade, expressão da nova era, guiada pelo pensamento positivista, que se inaugurava com a República. Os princípios racionais e higienistas eram a base da implantação da nova cidade (IEPHA; PRÁXIS, 2020).

A Comissão Construtora da Capital, responsável por projetar e executar as obras da nova cidade foi chefiada pelo Engenheiro Aarão Reis. A concepção modernista e simbólica, privilegiando um traçado com linhas geométricas bem definidas no desenho das ruas e quarteirões, desenvolveu-se à revelia da configuração natural da paisagem. Cabe ressaltar que já naquela época, o engenheiro Saturnino de Brito, membro da Comissão Construtora, chegou a conceber o chamado “Traçado Sanitário”, que adequava a geometria rígida adotada por Aarão Reis por meio de contornos que acompanhavam os fundos de vale (Figura 10). Contudo prevaleceu a proposta original. (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997).

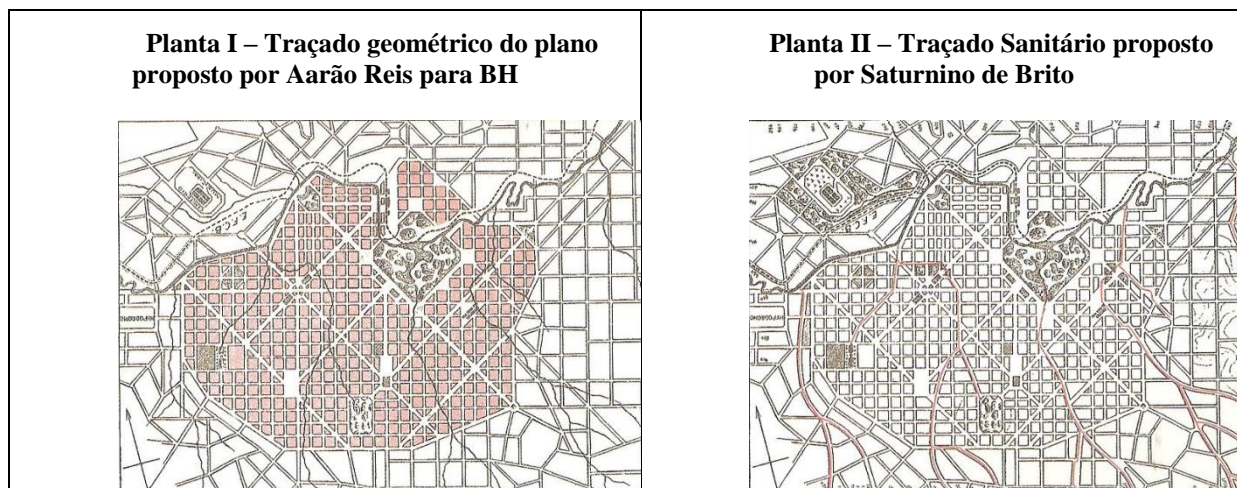


Figura 10: Comparação dos traçados propostos para a nova capital

Fonte: FJP *et al*, 1997.

Essa área reticulada referia-se à sua zona urbana, prevista para abrigar em torno de 200 mil a 300 mil habitantes. A ela seguia-se uma zona suburbana que a circundaria a partir da avenida do Contorno, com arruamento menos rígido, quarteirões maiores e traçado viário de formas mais irregulares. Para além dessa área, situava-se a zona rural que serviria como cinturão abastecedor da cidade (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997; BARRETO, 1996;).

“Tal disposição era claramente tributária do conceito de "cidade jardim", sistematizado pelo urbanista inglês Ebenezer Howard (1850-1928), em que se propugnava uma cidade limitada em número de habitantes numa área circundada por um cinturão verde agrícola. Desejava-se possibilitar uma organicidade maior das funções necessárias às aglomerações humanas, ajuntando valores urbanos e rurais, destacando **especialmente a presença do meio natural na própria cidade.**” (DUARTE, 2007, p. 27)

A Figura 11 mostra a planta original da cidade.

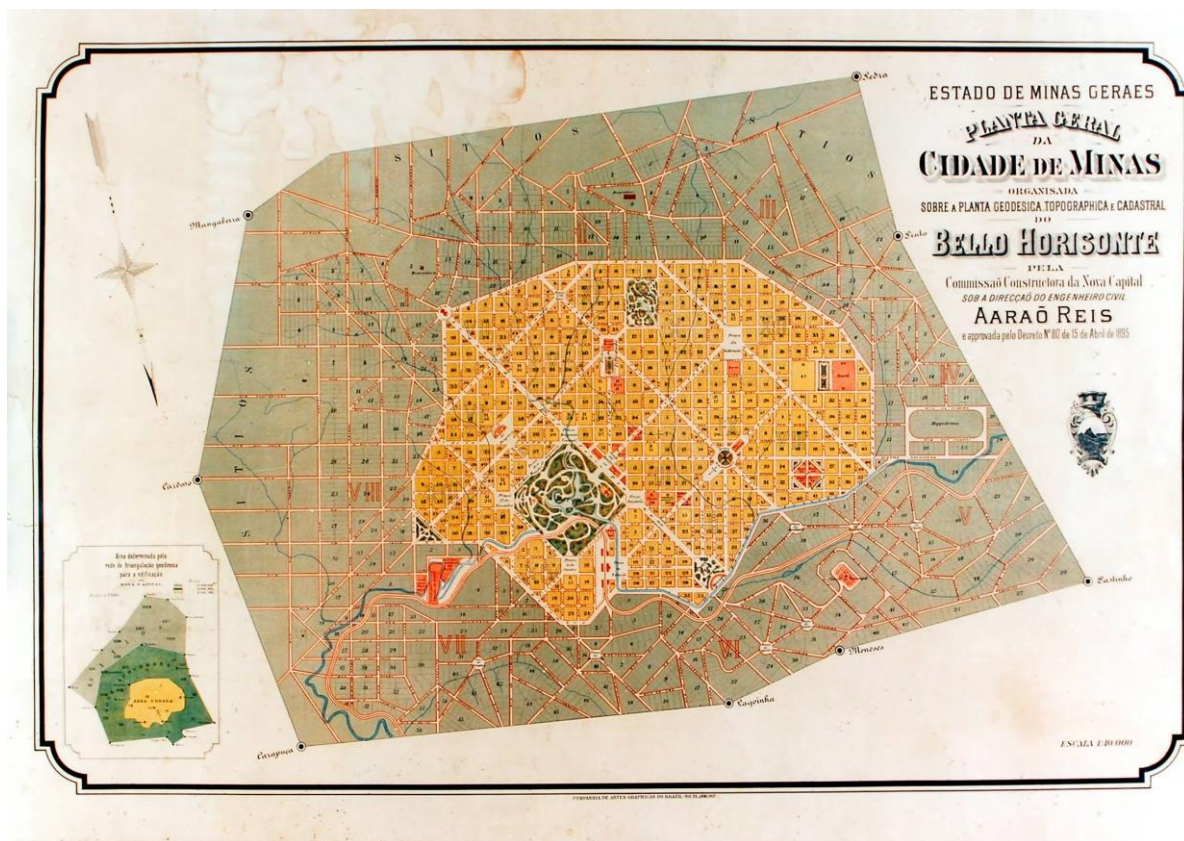


Figura 11: Planta original da cidade de Belo Horizonte.

Nota: Em amarelo a área urbana em verde claro a zona suburbana. No detalhe a Zona Rural, delimitada a sul pela Serra do Curral. Fonte: Arquivo Público Mineiro (1895)

Na zona urbana é onde se expressava de forma mais significativa a visão positivista de Aarão Reis. Nesse cenário de rígidas intervenções o sítio natural, as áreas verdes passam a ser objeto de projeto urbano, encaradas como fator de salubridade e embelezamento (AMARAL, 2015). Nesse contexto, a construção da Nova Capital criou “significativa gama de áreas verdes e espaços livres, para circulação, lazer e saúde da população vindoura, mas eliminaram-se diversas áreas com qualidades naturais e cênicas pré-existentes do sítio escolhido” (AMARAL, 2015, p. 58) . A área planejada de maior destaque é a do parque municipal (atual Parque Municipal Prefeito Américo Renné Gianneti), mas havia outras 16 áreas verdes previstas na zona urbana (COSTA, ÁLVARES, *et al.*, 2009).

O lugar do parque municipal foi escolhido por Aarão Reis como espaço principal para o lazer público, sendo ponto referencial para seu desenho. Foi o primeiro parque implantado na capital, com extensão física e territorial compatível com a do Central Parque de Nova York, mas, ao longo dos tempos, foi sendo apropriado por outros equipamentos públicos e privados, restando, hoje, apenas 182,82 ha dos 555,06 ha programados. (COSTA, ÁLVARES, *et al.*, 2009, p. 55).

A construção da Nova Capital iniciou-se em 1894 e a inauguração ocorreu em 1897. Rapidamente a cidade foi povoada, e o crescimento populacional logo subverteu as intenções dos planejadores urbanos. Os trabalhadores das obras de implantação da capital se instalaram na zona urbana com a condição de que suas casas improvisadas fossem demolidas quando da inauguração oficial da nova sede do governo. Como isso não ocorreu, a prefeitura realizou remoções de barracões e até bairros inteiros, expulsando as pessoas dali e obrigando-as a viver zona suburbana. Consolidava-se aos poucos uma ocupação da cidade que determinava o direcionamento de certos grupos sociais para a periferia, enquanto se reservava a área central para segmentos específicos da sua população, sobretudo os mais favorecidos e ligados às funções institucionais da Capital (SILVA, 2013).

Ainda que não houvesse controle rígido na ocupação da zona suburbana, ela não era originalmente voltada ao povoamento e ocupação espontâneos. Previa-se um conjunto de vias com certa regularidade e pela presença de equipamentos urbanos adequados à vida moderna que se esperava consolidar na nova cidade. Em algumas áreas também eram previstas as chamadas Colônias Agrícolas, que deveriam abrigar pequenas chácaras para produção de alimentos e abastecimento da Capital. Porém, na década de 1920, com o crescimento urbano explosivo que se seguiu ao término da Primeira Guerra Mundial este plano foi abandonado. Nessa época se desenvolveram bairros pericentrais hoje consolidados, como Carlos Prates, Calafete, Barroca, Serra, Santo Antônio, Carmo, Cruzeiro e Anchieta. (BARRETO, 1996; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997; IEPHA; PRÁXIS, 2020; AMARAL, 2015).

Paralelamente à ocupação desordenada nas periferias, a zona urbana, todavia, se consolidava sob a alcunha de cidade-jardim. A historiadora Regina Horta Duarte (2007) conta que cronistas como João do Rio, Mário de Andrade e Sylvio de Vasconcelos deixaram escritos destacando o ajardinamento da cidade, “arborizada como só o paraíso deveria ser” (RIO, 1920, p. 99-110 apud DUARTE, 2007). O extenso corredor-verde formado pelo plantio de fícus na Avenida Afonso Pena (Figura 12), que veio a ser retirado pela Prefeitura na década de 1960, teve grande relevância nessa construção simbólica. Para Pedro Nava, observar a avenida a partir da Serra do Curral era como ver “a Campos Elíseos de cima dum Arco do Triunfo” (NAVA, 1979, p. 255, apud DUARTE, 2007)

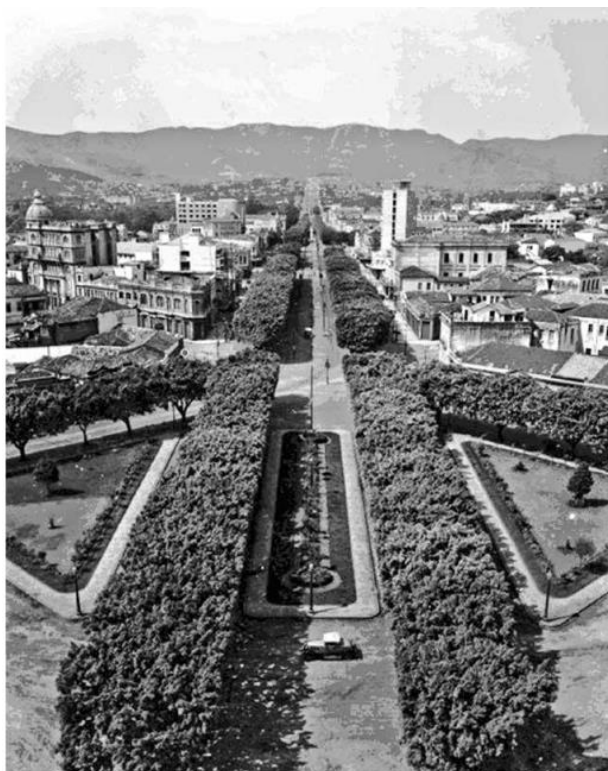


Figura 12: Corredor de fícus na Avenida Afonso Pena, 1920/1930.

Fonte: CEMIG

As áreas verdes da zona urbana, a política urbana higienista e o emolduramento provido pela Serra do Curral, associados as altas altitudes da cidade (em comparação ao litoral brasileiro) também deram à Belo Horizonte o *status* de cidade-sanatório para tratamento de tuberculose. Entre a década de 1920 e 1950 a cidade recebia um número significativo de doentes em busca de ar puro e condições sanitárias adequadas. Uma revista da época dizia: “Em Bello Horizonte, nenhum lugar reúne melhor as qualidades higienicas exigidas para o salutar exercício de respiração, aconselhado pela medicina, como o Parque Municipal” (RUMO..., 1928: 8, apud DINIZ, 2021). Essa função se estendeu para além da zona urbana, como ilustrado pela construção, em 1927, do Sanatório Hugo Werneck em um terreno doado pela prefeitura, em meio a uma floresta e vários mananciais de água na região hoje conhecida como Granja Werneck (DINIZ, 2021).

Se por um lado a cidade se promovia pela zona urbana organizada e áreas verdes, fora da Avenida do Contorno a Capital crescia sem planejamento. Apenas em 1935 foi promulgada uma Lei Básica (Lei Básica – Decreto Municipal n. 54/1935), visando disciplinar os loteamentos na cidade, e 5 anos depois um novo Decreto Lei (Decreto-Lei n. 84/1940) que regulamentaria as construções. Nenhum deles porém, tratou de espaços livres e áreas verdes.

Costa, Álvares e equipe (2009) ressaltam que, apesar da ausência de dispositivos legais visando a garantia de áreas públicas, verdes e de lazer, é dessa época a urbanização da Pampulha e criação da Lagoa, que ainda hoje é um espaço de referência na oferta de serviços ecossistêmicos diversos. A implantação do bairro é nitidamente uma exceção em um período no qual o aumento de população e a abertura de grandes eixos viários, a exemplo da Avenida Amazonas, levavam cada vez mais os belo-horizontinos a se estabelecerem em ocupações irregulares, em regiões precárias e com pouco ou nenhum acesso a serviços urbanos.

Pinheiro (2019) relata que a diferença na cobertura dos serviços de saneamento entre a zona urbana e as demais áreas vai se tornando mais evidente nas décadas de 1950 e 1960, quando a Capital passa por uma crise hídrica e o alto grau de poluição dos cursos d'água da cidade se torna preocupante, chamando a atenção para a necessidade de obras estruturantes. Ao mesmo tempo, com a tomada do governo pelos militares em 1964, iniciativas autoritárias de remoção de vilas e favelas e contenção de reivindicações populares de melhorias ganham corpo. Estabelece-se então um segundo momento de expansão da periferia de Belo Horizonte a partir da expulsão dos menos favorecidos das áreas de interesse urbano e imobiliário.

Ao longo da década de 1970, a Prefeitura Municipal removeu 8.788 famílias, envolvendo cerca de 35 mil pessoas. Tratou-se de uma política sistemática de desfavelamento, sem qualquer preocupação com a melhoria da qualidade de vida dos moradores. As famílias recebiam pequenas indenizações, os barracos eram demolidos e os pertences transportados para o novo local de moradia, geralmente outra favela, mais distante. (PINHEIRO, 2019; SILVA, 2013). Surge também nesse período o Banco Nacional de Habitação (BNH) que promoveu a construção de conjuntos habitacionais populares de classe média baixa nas áreas periféricas, contribuindo para expansão da mancha urbana.

O salto de expansão da década de 1970 é um marco no processo de metropolização de Belo Horizonte¹⁶, seja pela conurbação dos assentamentos urbanos entre os municípios vizinhos, como também pela acentuação das relações cotidianas e administrativas entre eles.

Nas duas décadas seguintes inicia-se na cidade um processo de periferização das classes mais abastadas. Uma vez que a área urbana central, pelo crescimento do trânsito de veículos, poluição sonora e visual entre outras transformações advindas da metropolização,

¹⁶ Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) foi legalmente instituída em 1973, por meio da Lei Federal Complementar nº 14.

deixa de oferecer os atributos ambientais almejados pela classe alta, essa população passa a buscar espaços mais agradáveis para moradia. Se consolidam os bairros Mangabeiras, Belvedere e Buritis, todos aos pés da Serra do Curral, com expressiva presença de áreas verdes (públicas e privadas).

Os anos 2000 ficam marcados pela verticalização e adensamento. Restam poucas áreas para expansão urbana formal, e os poucos espaços verdes restantes no município passam a ser objeto de conflito. Algumas áreas se tornaram alvo de ocupações irregulares, como é o caso das ocupações Dandara e Izidora, outras tem sido reivindicadas como espaços de lazer e preservação, em disputa com o mercado imobiliário, como o caso de terrenos nos bairros Jardim América e Luxemburgo.

A Figura 13 mostra a evolução da mancha urbana ao longo da ocupação de Belo Horizonte.

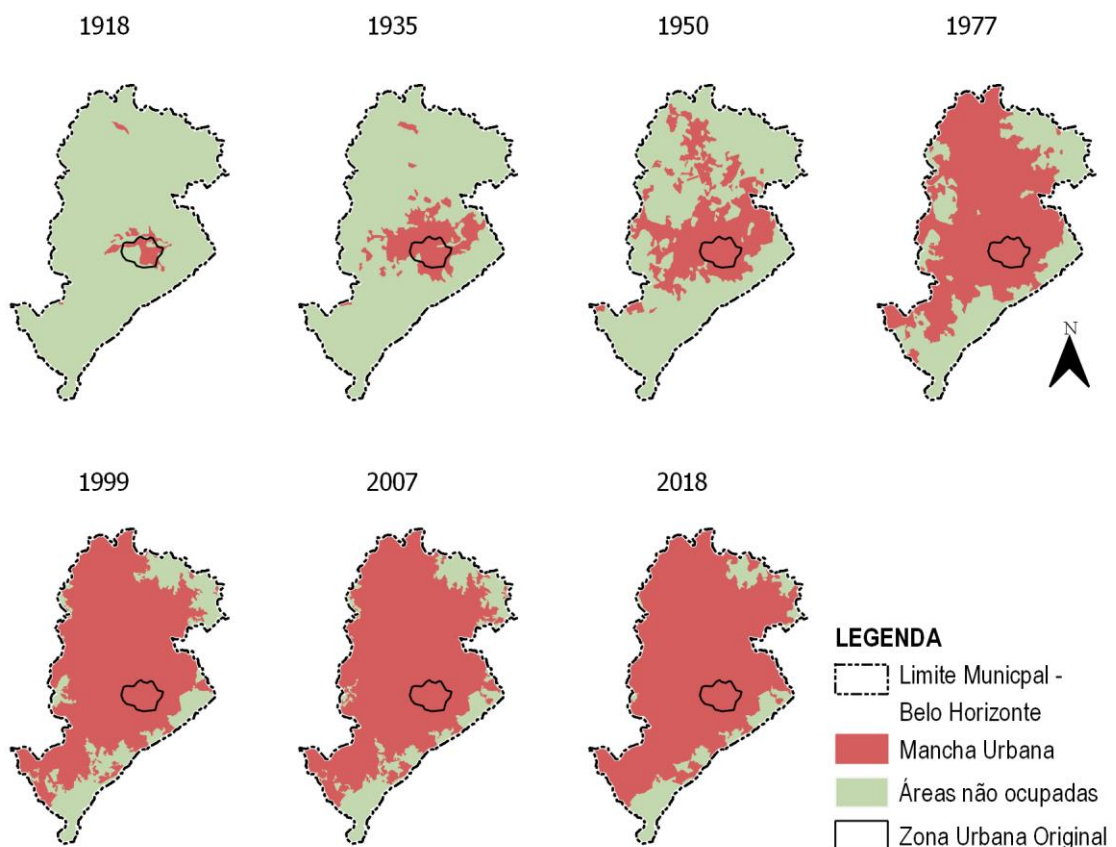


Figura 13: Evolução da mancha urbana de Belo Horizonte.

Fonte: Elaborado pela autora com dados de Prodabel.

3.2 A paisagem atual

Segundo Christofolletti (1998), a paisagem é talvez a mais importante categoria de análise do espaço da Geografia, a que permite compreender o espaço como um sistema que agrega o meio físico e o socioeconômico. Dessa forma, visando caracterizar o município de Belo Horizonte, com foco nas relações entre as áreas vegetadas, provedoras de Serviços Ecossistêmicos por essência, e as não vegetadas, buscou-se analisar brevemente os componentes básicos da estrutura da paisagem do município: configuração e composição. (BOTEQUILHA-LEITÃO e RIBEIRO, 2021)

A composição da paisagem está relacionada ao tipo e quantidade de elementos que dela fazem parte. É um conceito quantitativo, que trata sobretudo da existência ou não de determinada categoria e da proporção de cada uma delas na área avaliada (BOTEQUILHA-LEITÃO e GUIOMAR, 2021). Dessa forma, uma análise de composição não é adequada para compreender as relações espaciais entre os componentes, mas sim a variedade, predominância e abundância deles dentro de determinada paisagem.

Por outro lado, quando se fala em configuração da paisagem, está implícita também a dimensão espacial. Objetiva avaliar a forma como os elementos se distribuem no território, tendo como premissa o fato de que os processos, pessoas e organismos são afetados por essa distribuição. Fatores como concentração, isolamento e dispersão de manchas e corredores são variáveis que fazem parte dessa análise. (BOTEQUILHA-LEITÃO e GUIOMAR, 2021)

A análise foi feita com base no modelo mancha/corredor matriz, mais adequado para paisagem mais antropizadas, que apresentam limites claros entre os elementos. Nesses casos os padrões de manchas e corredores são facilmente identificados (BOTEQUILHA-LEITÃO e RIBEIRO, 2021). Forman e Gordon (1986), citados por Magalhães (2013) definem os elementos de análise da seguinte maneira:

Matriz: o elemento mais extenso e mais conexo presente na paisagem, que desempenha a função dominante no funcionamento da mesma. Além disso, é o elemento da paisagem que envolve os fragmentos; [...] Fragmento: uma superfície não linear com aparência diferente de seu entorno; [...] Corredor: uma estreita faixa terrestre que difere da matriz em ambos os lados (FORMAN e GORDON, 1986, apud MAGALHÃES, 2013 p.18)

Foram aplicadas métricas de paisagem, que segundo Botequilha-Leitão e Ribeiro (2021), são extremamente úteis para estabelecer ligações entre a configuração espacial de planos ambientais e das suas consequências ecológicas. Cabe destacar que embora essa

métricas tenham sido concebidas para avaliação de habitats naturais, diversos autores (MAGALHÃES, 2013; FONSECA; RIBAS e MOURA; 2016) têm aplicado o método para avaliação de áreas urbanas como suporte para o planejamento

Primeiramente foi gerado um mapa de paisagem com duas categorias, identificando as áreas vegetadas de Belo Horizonte e as não vegetadas. O mapa foi construído com base em levantamento de uso e ocupação do solo realizado pela Prodabel e disponibilizado pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. O levantamento original possuía três categorias: solo exposto, área urbanizada (agregadas pela autora) e área vegetada. Esta categoria inclui tanto áreas institucionais como parques e praças e áreas verdes demarcadas no parcelamento, como terrenos vagos, vazios urbanos e quintais arborizados. A Figura 14 abaixo ilustra o mapa base da paisagem do município.

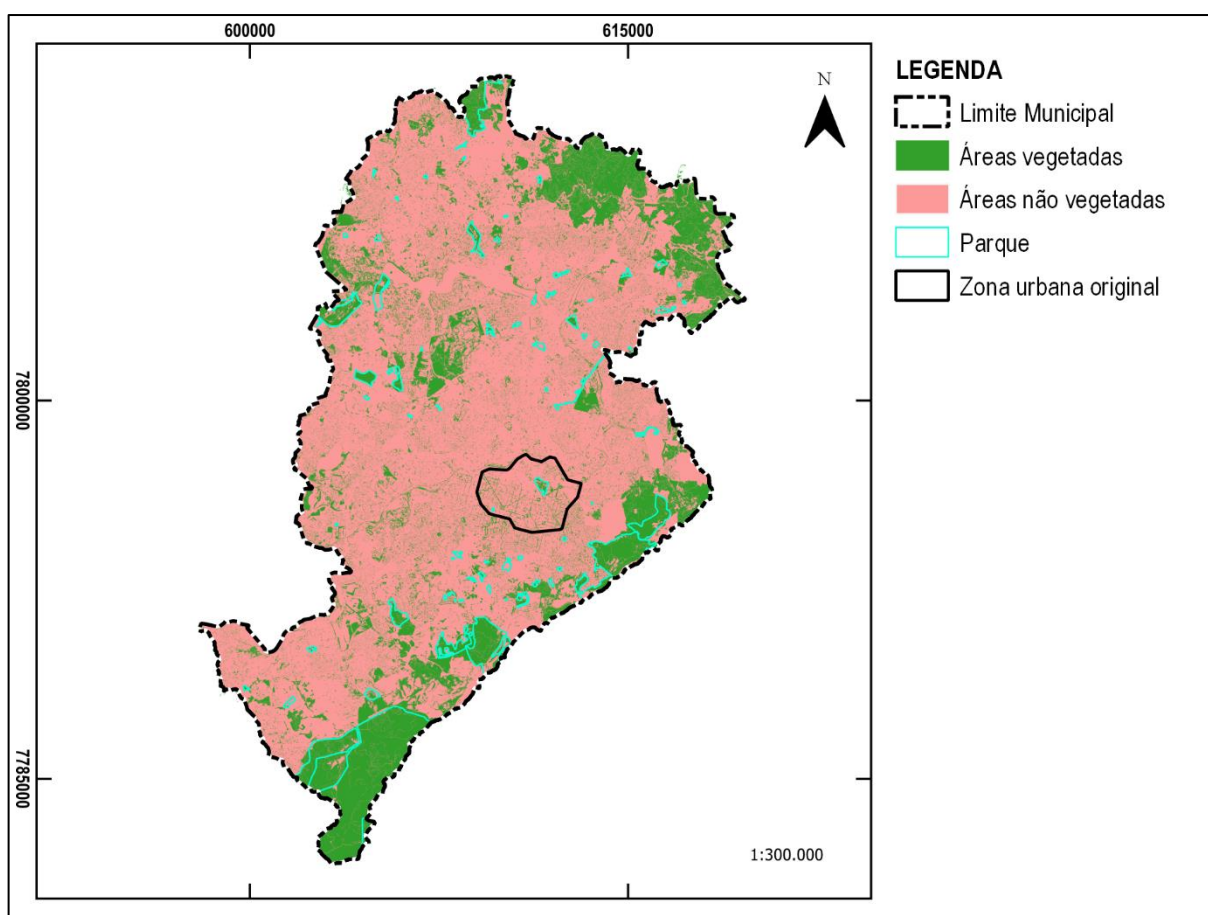


Figura 14: Paisagem atual: áreas vegetadas e não vegetadas.

Fonte: Elaborado pela autora com dados de Prodabel.

O mapa foi então inserido no software de domínio público *Fragstats*, que segundo Botequilha-Leitão e Carvalho (2021) é o mais utilizado para análises de padrões de paisagem.

A tabela a seguir mostra o resultado das métricas aplicadas.

Tabela 1: Métricas básicas de paisagem aplicadas ao território do município de Belo Horizonte

Classe	CA	PLAND	NP	AREA_MN	AREA_SD	ENN_MN	ENN_SD
Área urbanizada	24.330,64	73,5	3.265	7,45	419,80	26,47	16,11
Área verde	8775,03	26,5	43.222	0,20	10,22	27,95	12,85

CA = Área total das manchas; PLAND= Percentual da área das manchas de cada classe em relação à área total da paisagem; NP = Número de manchas; AREA_MN e AREA_SD = Média e desvio padrão da área das manchas de cada classe, respectivamente; ENN_MN, e ENN_SD = Média e desvio padrão da distância euclidiana entre as manchas de cada classe.

Nota-se que as áreas verdes correspondem a um percentual de 26,5% da paisagem (métrica PLAND), enquanto 73,5% correspondem a regiões urbanizadas com alto índice de impermeabilização. Essa composição revela um desequilíbrio entre a quantidade de regiões com alto potencial de provisão de Serviços Ecossistêmicos e áreas consumidoras dos benefícios.

Das 46.487 manchas que compõem a paisagem 43.222 são de áreas verdes (métrica NP). O número elevado, apesar da menor área ocupada evidencia o processo de fragmentação dessas áreas, corroborado pela menor área média e desvio padrão das áreas em relação à área urbanizada (métricas AREA_MN e AREA_SD). Forman (1995), citado por Botequilha-Leitão e Ribeiro (2021) descreve que o processo de transformação na paisagem se inicia pela fragmentação de grandes manchas contínuas, seguida da perda de área e finalmente desaparecimento. Nesse sentido os resultados das métricas evidenciam uma tendência de perda de áreas verdes em Belo Horizonte, sobretudo nos trechos menores, como quintais e lotes vagos, sendo necessária a aplicação de políticas direcionadas para reversão do processo.

Os dois principais conjuntos de grandes manchas, mais íntegras, de áreas verdes são:

- 1) Áreas no alinhamento montanhoso da Serra do Curral (limite sudeste do município), onde há também um conjunto de áreas legalmente protegidas, com os Parques Estaduais da Serra do Rola Moça e da Baleia, a Estação Ecológica do Cercadinho e os Parques Municipais das Mangabeiras, da Serra do Curral e Fort Lauderdale;
- 2) Áreas no norte e nordeste do município, no trecho conhecido como Granja Werneck. A região não possui dispositivos de preservação ambiental e tem sido alvo de conflitos fundiários. Suas bordas abrigam quatro ocupações urbanas

irregulares (região da Izidora), alvos de projetos de regularização e urbanização pela Prefeitura Municipal em parceria com a ONU-Habitat.

3.3 Políticas urbanas relacionadas à oferta de Serviços Ecossistêmicos

O Plano Diretor de Belo Horizonte (Lei Municipal nº 11.181/2019) é o principal instrumento de política urbana do município. É também um instrumento orientador da elaboração de projetos de parcelamento do solo e de edificações (SECRETARIA MUNICIPAL DE POLÍTICA URBANA, 2020). Está fundamentado no compromisso de implementação no Município da Nova Agenda Urbana – NAU, com destaque para os princípios orientados pelo Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - ODS-11, voltado para tornar as cidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis. (BELO HORIZONTE, 2019, art. 3º)

A Lei prevê uma série de instrumentos para promoção do desenvolvimento urbano sustentável e melhoria na oferta de Serviços Ecossistêmicos, ainda que não utilize esse termo. Os principais dispositivos nesse sentido estão apresentados a seguir.

O primeiro deles são as “áreas de conexões ambientais”, que se constituem em sobrezonas visando formar corredores ecológicos, melhorar a arborização urbana e recuperar fundos de vale, conformando assim uma rede de qualificação ambiental, que se assemelha à Trama-Verde Azul, apresentada no item 2.4.4. São previstas a definição de parâmetros urbanísticos específicos para garantir a não intensificação da ocupação local e a execução de obras públicas comprometidas com a proteção dos cursos de água e a conformação de corredores verdes, a partir da elaboração de planos específicos – denominados Planos de Estruturação Urbano-Ambiental – PEAs - para cada uma dessas áreas. Nesses locais a ocupação deve contemplar maiores taxas de permeabilidade e menor densidade construtiva (coeficiente de aproveitamento). Também prioritárias para destinação de contrapartida para qualificação ambiental local em eventuais licenciamentos de empreendimentos de impacto. Ressalta-se que a canalização dos córregos em áreas de conexões de fundo de vale e em Áreas de Diretrizes Especiais (ADEs) de Interesse Ambiental é vedada e o tratamento do leito fluvial e das áreas adjacentes deve abranger preservação e recuperação ambiental, saneamento acessibilidade, esporte e lazer.

Pinheiro (2019) destaca que essa iniciativa do planejamento municipal e se soma a diversas medidas de mitigação das inundações urbanas que vem sendo desenvolvidos pela prefeitura há cerca de 20 anos, desde a elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana. Dentre elas, se destaca o Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural (Drenurbs), que resultou na implantação de três pequenos parques lineares em áreas de cabeceira, de extensão da rede de esgotamento sanitário e de diversas bacias de retenção para mitigar inundações em importantes avenidas de fundo de vale da cidade.

Com relação ao incentivo à adoção de medidas compensatórias de drenagem do tipo difusas, o primeiro Plano Diretor de Belo Horizonte, de 1996, inseriu a taxa de permeabilidade mínima (TP) dentre os parâmetros de uso e ocupação do solo. A taxa de permeabilidade “corresponde à porcentagem mínima da área do terreno a ser mantida descoberta, em terreno natural e dotada de vegetação e arborização” e “deve estar situada, preferencialmente, no afastamento frontal” (BELO HORIZONTE, 2019, p. 44 e 45), a fim de promover a qualificação do espaço urbano e facilitar a fiscalização de sua manutenção. De forma complementar à TP, recomenda-se instalar dispositivos de retenção das vazões superficiais como caixas de captação de águas pluviais, telhados verdes, jardins de chuva e/ou valas de infiltração, de forma a garantir que o lançamento de águas pluviais na rede pública de drenagem oriundo do terreno edificado seja equivalente à sua vazão em condições naturais, ou seja, não impermeabilizado (conceito de vazão ou escoamento primitivo).

Embora não seja denominado um Programa de Pagamento por Serviços Ambientais, o Plano Diretor vigente prevê a possibilidade de obtenção de maior potencial construtivo por meio da Outorga Não Onerosa do Direito de Construir (ODC) para empreendedores que executem ações de melhoria do desempenho ambiental das edificações. É possível superar o coeficiente de aproveitamento básico (CABas) sem ônus monetário, mediante a adoção e manutenção de dispositivos de sustentabilidade ambiental (telhados verdes, caixas de retenção, caixas de captação e reuso de águas pluviais etc) e soluções projetuais de gentileza urbana para melhoria da relação das edificações com o espaço público, como fachada ativa, implantação de área de fruição pública no interior do lote e manutenção de recuo frontal ajardinado com permeabilidade visual a partir da rua. Já a obtenção de Certificado de Qualidade Ambiental concebido ou reconhecido pelo município pode dar direito também à desconto no pagamento da ODC.

4 MAPEAMENTO DA OFERTA DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS E DEMANDA POR SERVIÇOS AMBIENTAIS

Neste capítulo estão apresentados os métodos e resultados do mapeamento da oferta de Serviços Ecosistêmicos e da demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte.

Como detalhado nos subitens seguintes, o mapeamento partiu de uma coleção de dados georreferenciados, que serviram como *proxies* ambientais. Em seguida foram realizadas duas etapas distintas: o mapeamento da oferta, primeiramente para cada serviço e depois combinada, e o da demanda. A Figura 15 a seguir mostra o esquema metodológico desta fase da pesquisa.

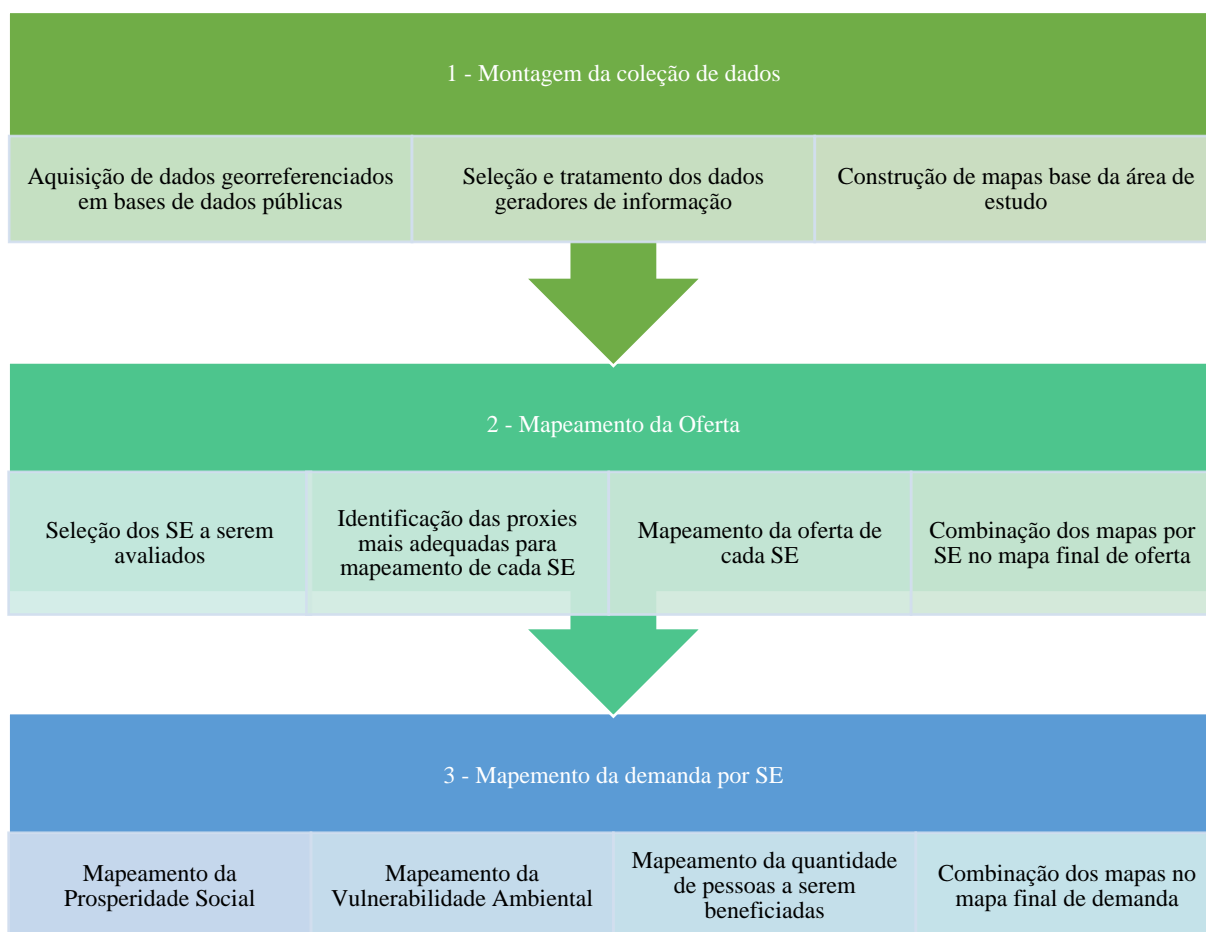


Figura 15: Esquema metodológico da pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

4.1 Montagem da Coleção de dados

Em uma primeira etapa, para aprender todo o conhecimento possível deste território, sobretudo nos temas que influenciam na oferta e demandas de SE, foi construída uma base de dados georreferenciados. Esta base teve como fonte principal a Infraestrutura de Dados Espaciais de Belo Horizonte (IDEBHGeo), além de outros bancos de dados públicos, como o IBGE, imagens de satélite de alta resolução, entre outros. Priorizou-se a seleção de dados com escala a partir de 1:20.000, que permite a identificação de praças, canteiros centrais e outros elementos de menor dimensão que fornecem Serviços Ecosistêmicos relevantes nas cidades.

O dado em si mesmo, é um “elemento bruto, sem significado” (DAVENPORT, 1998) e não conduz à compreensão da realidade ou auxílio na tomada de decisão. Portanto, faz parte da pesquisa a compilação, seleção e tratamento dos dados recebidos de forma a transformá-los em informação, esta sim dotada de relevância e propósito, e, por fim, conhecimento, ou seja, as informações que foram “analisadas e avaliadas sobre a sua confiabilidade, sua relevância e sua importância” (DAVENPORT, 1998). Assim, os dados foram selecionados e pré-tratados em ambiente SIG.

Foram aplicados os seguintes procedimentos:

1. Recorte e seleção das feições para os limites do município de Belo Horizonte, quando aplicável;
2. Reprojeção dos dados para o Sistema Geodésico de Referência SIRGAS 2000, fuso 23k, em acordo com a Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005;
3. Verificação topológica e ajustes de feições diagnosticadas com erros.

No caso dos setores censitários do IBGE foi também realizada a associação entre os dados georreferenciados disponibilizados e as tabelas de dados em formato .csv nas quais estão os dados estatísticos para cada setor.

4.2 Mapeamento da Oferta de SE

4.2.1 Seleção dos SE a serem avaliados

A CICES estabelece 51 grupos de Serviços Ecosistêmicos. Por se tratar de uma classificação internacional e bastante abrangente, é natural que diversos dos serviços listados

não sejam compatíveis com a área urbana tampouco com a realidade de Belo Horizonte. Por isso o primeiro passo foi selecionar e agregar aqueles serviços cujo mapeamento é relevante para a pesquisa. Para tal considerou os seguintes aspectos:

- **Relevância de análise no contexto do planejamento urbano:** Foram selecionados aqueles SE cujo consumo está diretamente relacionado com a qualidade de vida na cidade e cujos fluxos possam ser diretamente afetados por políticas urbanísticas. Nesse sentido, benefícios como provisão de matéria prima, energia e recursos medicinais, por exemplo, foram desconsiderados. Isso porque representam benefícios indiretos, ou seja, demandam algum beneficiamento, que pode ocorrer fora da cidade, para serem consumidos. Nesses casos políticas públicas de planejamento urbano seriam pouco eficientes na garantia do fluxo de benefícios, sendo necessários investimentos em indústria e cadeia produtiva para potencialização.
- **Similaridade espacial do SE dentro do seu grupo de serviços:** SEs cujo comportamento espacial é idêntico ao de outros serviços da mesma categoria foram agregados. Por exemplo, no grupo de serviços culturais, o Turismo e lazer e os valores espirituais ocorrem nos mesmos locais (áreas verdes, altos de morros e locais com presença de corpos d'água) e são classificados como *in situ*, portanto constituíram em uma única camada de mapeamento.
- **Existência de *proxy* ambiental correspondente na coleção de dados:** Alguns poucos serviços atenderam aos dois primeiros critérios, mas não puderam ser mapeados por ausências de dados que traduzam sua oferta. É o caso da provisão de alimentos, que a princípio poderia ser mapeada a partir de hortas urbanas, pomares e quintais com árvores frutíferas. Contudo são dados extremamente dinâmicos e difíceis de se obter, o que prejudicaria a durabilidade dos resultados e replicabilidade do modelo. Há que se ressaltar que, assim como no caso dos serviços mencionados no primeiro critério de análise, a simples existência de espécies alimentícias por si só não garante o consumo dos alimentos, podendo ser necessários investimentos em beneficiamento.

O quadro seguinte mostra os SE selecionados para a análise, a partir dos critérios descritos acima.

Quadro 3: Serviços Ecossistêmicos selecionados para avaliação da oferta

Serviços de Regulação:	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade do ar e regulação do clima • Controle da erosão • Controle de inundações
Serviços de provisão:	<ul style="list-style-type: none"> • Provisão de água
Serviços culturais:	<ul style="list-style-type: none"> • Recreação, turismo e valores espirituais • Identidade cultural

Fonte: Elaborado pela autora

4.2.2 *Elaboração dos mapas por Serviço*

A elaboração dos mapas de oferta dos SE se deu em duas etapas: a seleção de *proxies* para cada serviço e a construção do mapa de oferta base no cruzamento das *proxies*.

Por se tratar de escala local, e considerando a qualidade e resolução dos dados obtidos, o método de mapeamento de SE mais considerado mais adequado é aquele através das variáveis *proxies* ambientais, ou seja, indicadores indiretos da oferta de SE obtidos a partir da coleção de dados georreferenciados, combinado com a análise da cobertura do solo.

Foram definidas as variáveis relacionadas com cada um dos Serviços selecionados, com base em análises técnicas e consultas bibliográficas, detalhadas mais à frente.

Quadro 4: Variáveis *proxies* associadas a cada SE selecionado

Grupo	Serviço Ecossistêmico	<i>Proxies</i> associadas
Serviços de Regulação:	Qualidade do ar e regulação do clima	Vegetação
		Hipsometria
	Controle da erosão	Cobertura do solo
		Predisposição à erosão
	Controle de inundações	Coefficiente de escoamento superficial a partir da cobertura do solo (método racional)
	Serviços de provisão:	Provisão de água potável
Disponibilidade de água subterrânea		
Serviços culturais:	Recreação e turismo Valores espirituais	Parques
		Praças
		Lagoas
		Mirantes
	Identidade cultural	Áreas reconhecidas pelo Conselho Municipal de Patrimônio Cultural

A seguir apresenta-se a construção dos mapas de oferta para cada grupo de análise.

4.2.2.1 *Qualidade do ar e regulação do clima*

O conhecimento de que a vegetação contribui para a qualidade do ar não é novo. No artigo de 1972 “*Are trees efficient air purifiers*”¹⁷, Weidensaul demonstra que as plantas desempenham um papel significativo na manutenção da concentração de oxigênio e dióxido de carbono na atmosfera. Algumas árvores podem reduzir a concentração de um dado poluente de um nível indesejado, perigoso, até níveis que não apresentem mais perigo, sem que a planta venha a sofrer qualquer dano com este processo (WEIDENSAUL, 1972).

¹⁷ Tradução livre “Árvores são excelentes purificadores de ar”

Mais recentemente, com o aumento da preocupação em relação às mudanças climáticas, o plantio e conservação de florestas e vegetação em área urbana como medidas de redução na emissão de carbono e gases de efeito estufa ganharam relevância. A vegetação arbórea contribui de diversas formas para esse serviço: a) por meio da produção de oxigênio; b) a partir da captura de carbono; c) através da capacidade de exercer uma barreira física as correntes de poluentes ou particulados em suspensão; d) por meio da absorção de energia solar que incide sobre a superfície, reduzindo o albedo e consequente efeito-estufa (HOUER, 2020; AMARAL, 2015; BACHI, 2018).

Assis (2010), em sua tese sobre o clima urbano de Belo Horizonte destaca que, no município, as características topográficas tendem a amenizar as temperaturas à medida que se elevam as cotas. Em geral os bairros localizados nas proximidades da Serra do Curral apresentam médias menores se comparados aos localizados nas regiões de Venda Nova, Pampulha e Norte, mais baixas. Essas diferentes feições geográficas contribuem também para a exacerbação de problemas resultantes da degradação ambiental, tais como a formação de ilhas de calor e concentração de poluentes (ASSIS, 2010; SALES, FONSECA e ASSIS, 2023).

Foram consideradas, então, como *proxies* adequadas para avaliação da qualidade do ar e regulação do clima, a presença de vegetação e a altitude.

A presença de vegetação foi mapeada a partir da análise de cobertura do solo extraída da imagem de satélite de altíssima resolução disponibilizada pela Superintendência de Geoprocessamento Corporativo da Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte (PRODABEL). A imagem data de 2016 e apesar da defasagem temporal, a qualidade da resolução espacial (pixel de 50cm) permitiu a identificação de canteiros centrais, quintais vegetados e arborização urbana, elementos relevantes na escala urbana. Outras opções de imagens mais recentes e gratuitas, como a *Landsat*, não atenderiam a esse propósito.

Árvores e arbustos ofertam o SE com mais intensidade que a vegetação rasteira, já que folhas, ramos e troncos exercem sombreamento e podem, também, filtrar os particulados do ar, através da ação sobre a velocidade do vento, facilitando a deposição das partículas (HOUER, 2020). Por isso, foram estabelecidas duas classes de oferta para a vegetação: a

arbórea e a arbustiva receberam nota máxima (1) e a rasteira nota intermediária (0,5). Às demais áreas foi atribuído valor 0 (Figura 16).

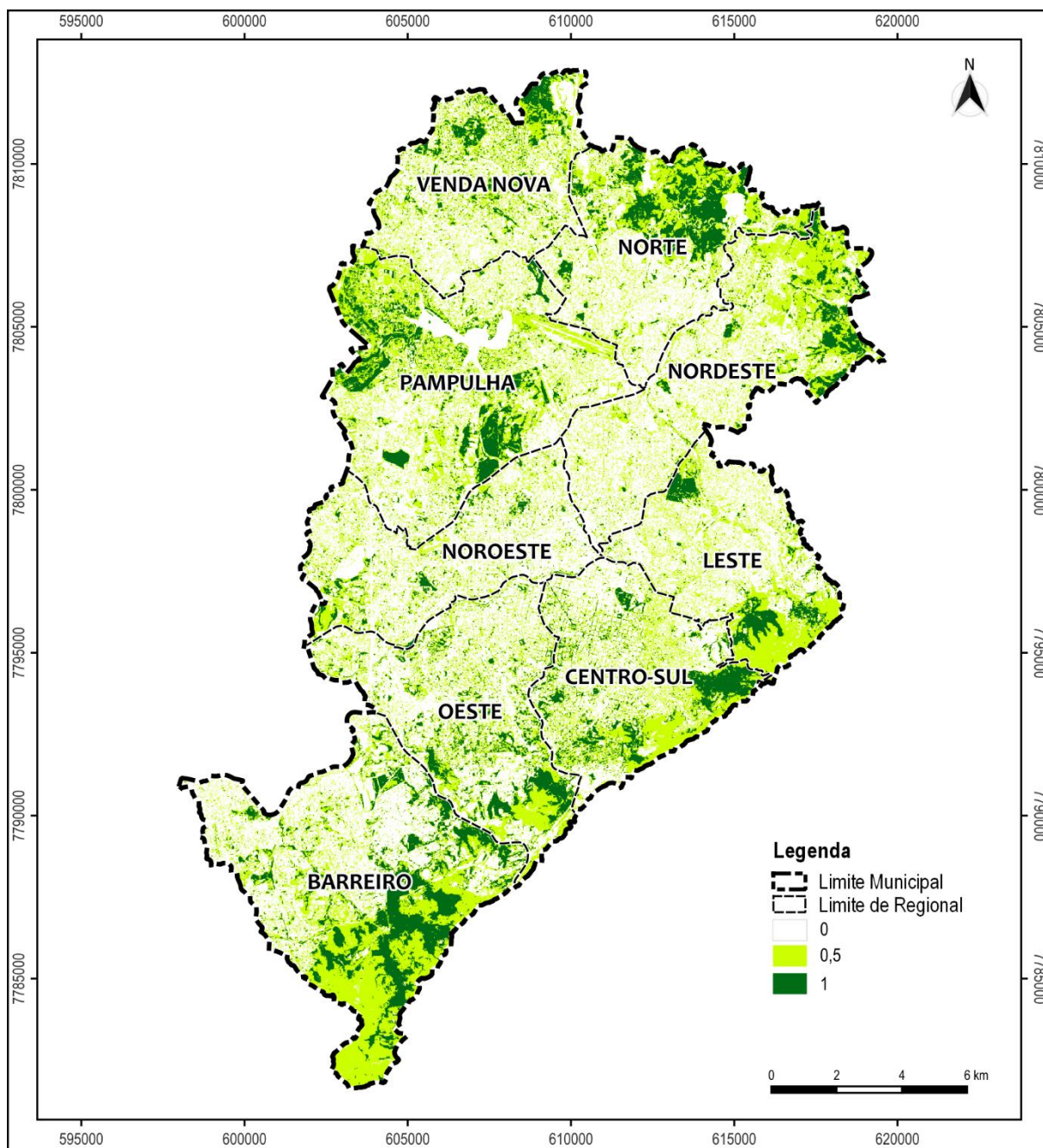


Figura 16: Vegetação classificada de acordo com a relevância para o SE de Qualidade do Ar e Regulação do Clima

A altitude foi mapeada por Modelo Digital de Terreno (MDT) construído pela autora partir da interpolação de curvas de nível com equidistância de 5m pelo método TIN. O mapa

hipsométrico resultante foi normalizado de 0 a 1 pelo método de máximos e mínimos¹⁸. Tendo recebido a nota mais alta, ou seja, com atributos mais relevantes as regiões de maior altitude (Figura 17).

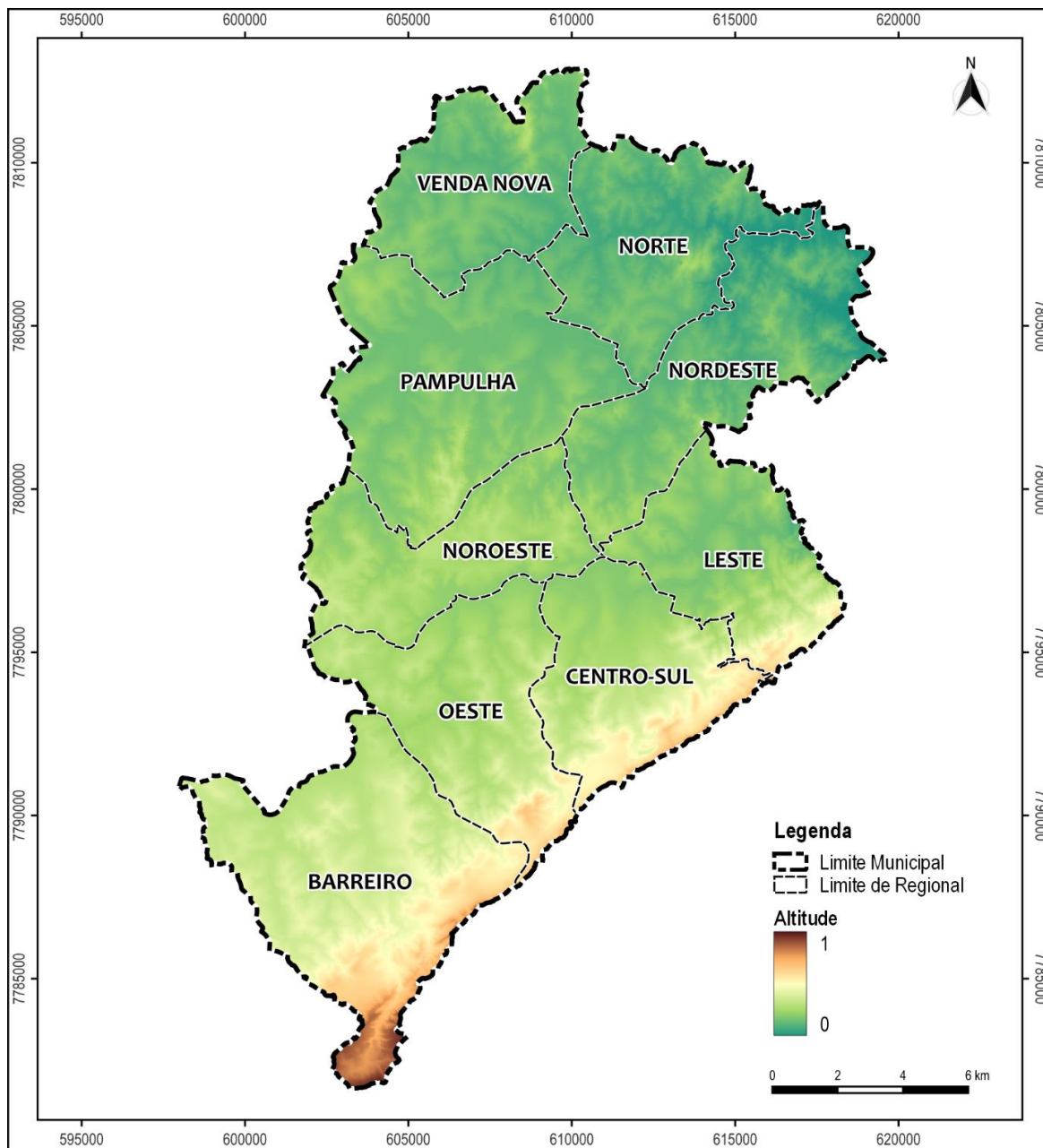


Figura 17: Altitude classificada de acordo com a relevância para o SE de Qualidade do Ar e Regulação do Clima

¹⁸ A normalização pelos valores máximos e mínimos é uma técnica para colocar os valores de uma variável em uma escala de 0 a 1, usando o menor e o maior valor da variável como referência. Isso é útil para comparar variáveis com escalas diferentes e evitar que um critério com valores muito elevados tenha mais peso na análise. Aparece diversas vezes nesta dissertação, já que as *proxies* para mapeamento da oferta e demanda de SE apresentam escalas de valores muito variadas. Utiliza-se a seguinte fórmula: $I = (\text{valor observado} - \text{valor mínimo}) / (\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})$.

A Figura 18 ilustra o passo a passo para construção do mapa de oferta do SE qualidade do ar e regulação do clima.

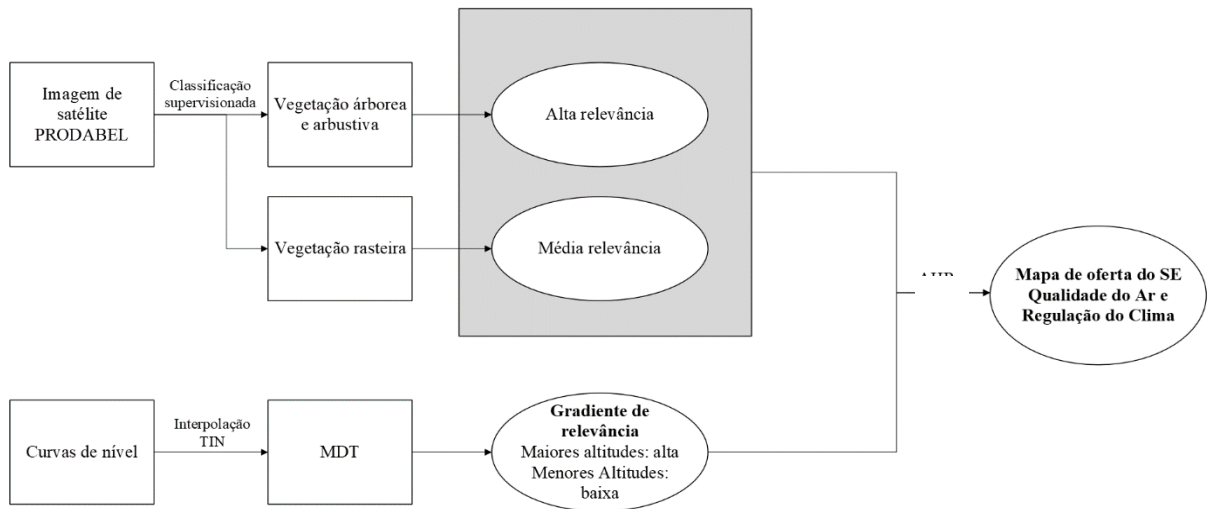


Figura 18: Esquema metodológico da elaboração do mapa de atributos ambientais relacionados à qualidade do ar e regulação do clima

Os mapas foram combinados com pesos iguais, ou seja, a partir da média aritmética. O resultado está apresentado na Figura 19.

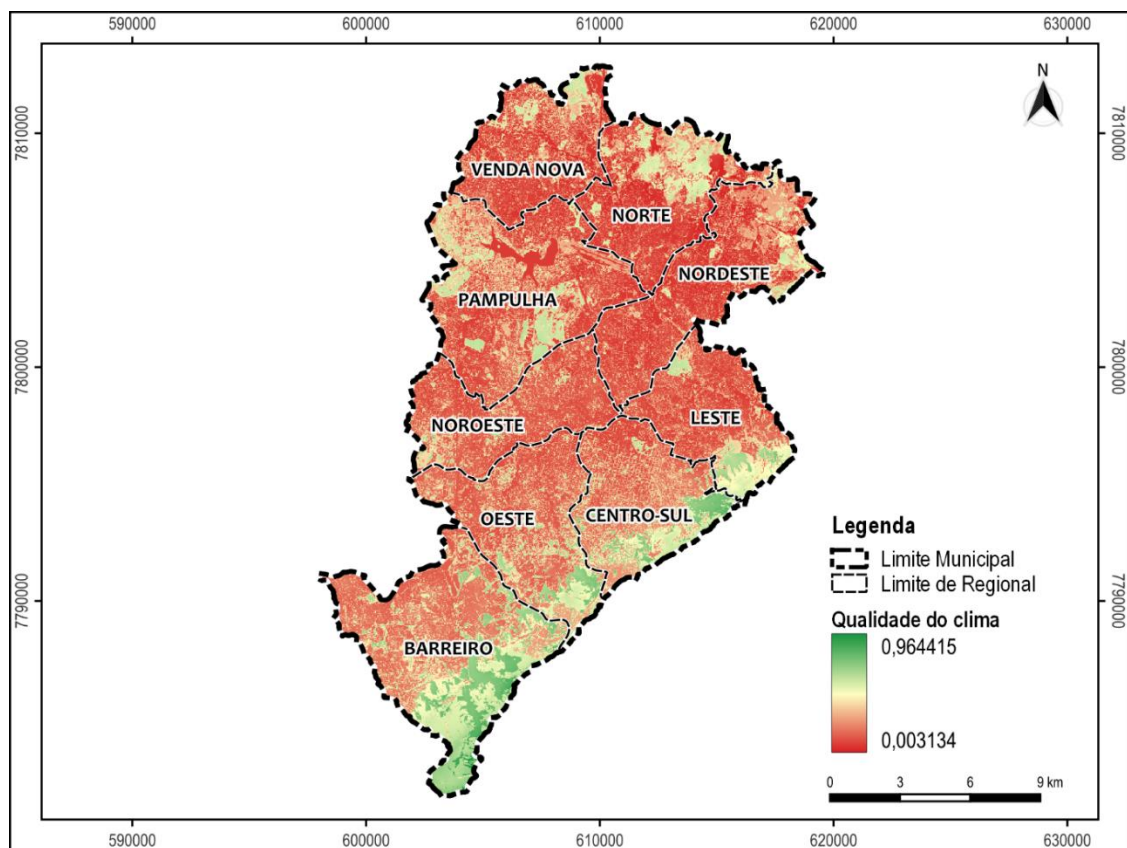


Figura 19: Oferta do SE qualidade do ar e regulação do clima

Fonte: elaborada pela autora

A região do alinhamento montanhoso da Serra do Curral é a que possui a maior concentração de atributos ambientais para oferta do SE analisado, isso pois possui extensa área vegetada e coincide com a região mais alta do município. Também se destacam algumas áreas não ocupadas ao longo do espigão que abriga o Anel Rodoviário (divisor de águas entre as bacias do Cercadinho e Bonsucesso).

A Região da Pampulha também aparece com relevância, resultado da ocupação menos densa e altas taxas de permeabilidade. Outro ponto importante é a região do Izidora, a nordeste do município. Não por acaso, como mostrado no item 3.1, era ali que funcionava o Sanatório Hugo Werneck.

4.2.2.2 *Controle da erosão*

Erosão é um processo geodinâmico que consiste na desagregação e remoção das partículas sólidas do solo através da ação de um ou mais agentes exógenos (água, vento, gelo etc.). Via de regra, não estão associados a ele perdas humanas, e as perdas materiais em regra ocorrem gradualmente, mas podem assumir valores muito elevados. Em região de clima tropical úmido, caso de Belo Horizonte, a água é o agente imediato e decisivo do processo erosivo atuando desde a fase de alteração da rocha (intemperismo químico) até a fase de remoção e transporte das partículas desagregadas. Entretanto, outros fatores como litologia, estrutura das rochas, processos pedogenéticos, morfologia e cobertura vegetal condicionam a suscetibilidade de uma área à ocorrência de processos erosivos (VIANA, 2000; SILVA, CARVALHO, *et al.*, 1995).

A presença de áreas verdes urbanas tem papel fundamental no controle da erosão hídrica, uma vez que a vegetação contribui para a absorção da água da chuva e para a redução da velocidade do escoamento superficial (SOLERA, 2020; HERZOG e ROSA, 2010). Elas contribuem para redução do impacto da gota de chuva no solo, do aumento da infiltração de água e da manutenção do teor de matéria orgânica. Além disso a vegetação reduz a susceptibilidade à formação de enxurradas (REIS, PARIZZI, *et al.*, 2012). Todos esses fatores contribuem para a redução do escoamento superficial de água e, conseqüentemente, das perdas de solo (OLIVEIRA, 2006 apud HOUER, 2020).

Uma das formas mais conhecidas de se dimensionar a erosão é a Equação Universal de Perda dos Solos (EUPS ou USLE, em inglês)¹⁹, desenvolvida por Wischmeier e Smith em 1978 e citada por Viana (2000). A equação é dada por:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

onde,

A = estimativa de perda de solo em t/ha.ano;

R = fator de energia da precipitação (ou Erosividade da chuva), dado em Mj.mm/ha.h.ano;

K = fator de erodibilidade do solo em t.h/Mj.mm;

LS = fatores de comprimento e declividade da vertente, adimensional;

C = fator de tipo de manejo e uso do solo (cobertura vegetal); e,

P = fator de práticas conservacionistas.

Como o foco desta pesquisa não é quantificar o fenômeno de erosão em Belo Horizonte, mas sim compreender quais as contribuições da natureza para redução e controle desse processo, analisou-se a equação do ponto de vista qualitativo. Nota-se que entre os fatores que influenciam na perda de solo, os denominados R, K, LS e C se referem a condições naturais do terreno, sendo que o produto dos quatro é o chamado Potencial Natural de Erosão (PNE). Já o Fator P é relação entre a intensidade esperada de tais perdas com determinada prática conservacionista e aquelas sem a adoção da prática (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999 apud HOUER, 2020). Segundo Wischmeier e Smith (1978), os fatores C e P não podem ser analisados separadamente, pois estão significativamente relacionados. No mundo antropizado, a existência de extensas áreas com cobertura vegetal está provavelmente relacionada à decisão de conservá-las. Utiliza-se, portanto, o fator CP, que representa o efeito combinado das variáveis cobertura e manejo do solo e práticas conservacionistas.

¹⁹ A EUPS é um modelo de erosão projetado para calcular, a longo prazo, as perdas médias de solo por erosão laminar e em sulcos. Mas não prevê deposição de sedimentos, não calcula o volume de sedimentos gerados em ravinas, processos de solapamento ou erosão de leitos fluviais.

O Quadro 5 mostra as *proxies* associadas à cada fator da equação. A variabilidade na energia da precipitação no território municipal é pouco significativa, portanto, esse fator foi desconsiderado na análise.

Quadro 5: *Proxies* utilizadas para mapeamento do controle de erosão

Fator de erosão (WISCHMEIER E SMITH, 1978)	<i>Proxy</i>	Descrição
K – Erodibilidade do solo	Predisposição a erosão (SILVA, CARVALHO, <i>et al.</i> , 1995)	Mapeamento com base nas características da situação fisiográfica (morfologia e declividade das vertentes) e geológica (litologia). A primeira que condiciona o poder erosivo das torrentes e a segunda respondendo pela vulnerabilidade intrínseca dos materiais geológicos: a erodibilidade.
LS – Comprimento e Declividade das Vertentes		
CP – Cobertura do Solo	Mapa de Cobertura do solo a partir de imagem de satélite (PRODABEL, 2016)	Ver item anterior: Qualidade do ar e Regulação do Clima

Fonte: elaborado pela autora

É importante destacar que os fatores da EUPS são diretamente proporcionais à intensidade dos processos erosivos. Contudo, como se pretende avaliar os aspectos que contribuem para a redução desse fenômeno, esta pesquisa adotou escalas de pesos invertidos para cada variável. Por exemplo, litologias que são mais propensas à erosão e recebem coeficientes altos na análise da EUPS, naturalmente contribuem menos para o controle do processo, por isso receberam pesos baixos no mapeamento do SE.

O mapeamento da predisposição à erosão elaborado por Silva, Carvalho e equipe (1995) faz parte dos Estudos Geológicos, Hidrogeológicos, Geotécnicos e Geoambientais Integrados no Município de Belo Horizonte e determina nove classes²⁰ de predisposição a erosão, variando de desprezível a elevado (Figura 20).

²⁰ Os autores fazem a classificação entre a partir de uma matriz de 2 fatores: Litologia e Condicionantes Hidrológicos e Morfológicos (zonas). A figura apresentada nesta pesquisa mostra os resultados da combinação aplicados pela autora sobre a vetorização do mapa original.

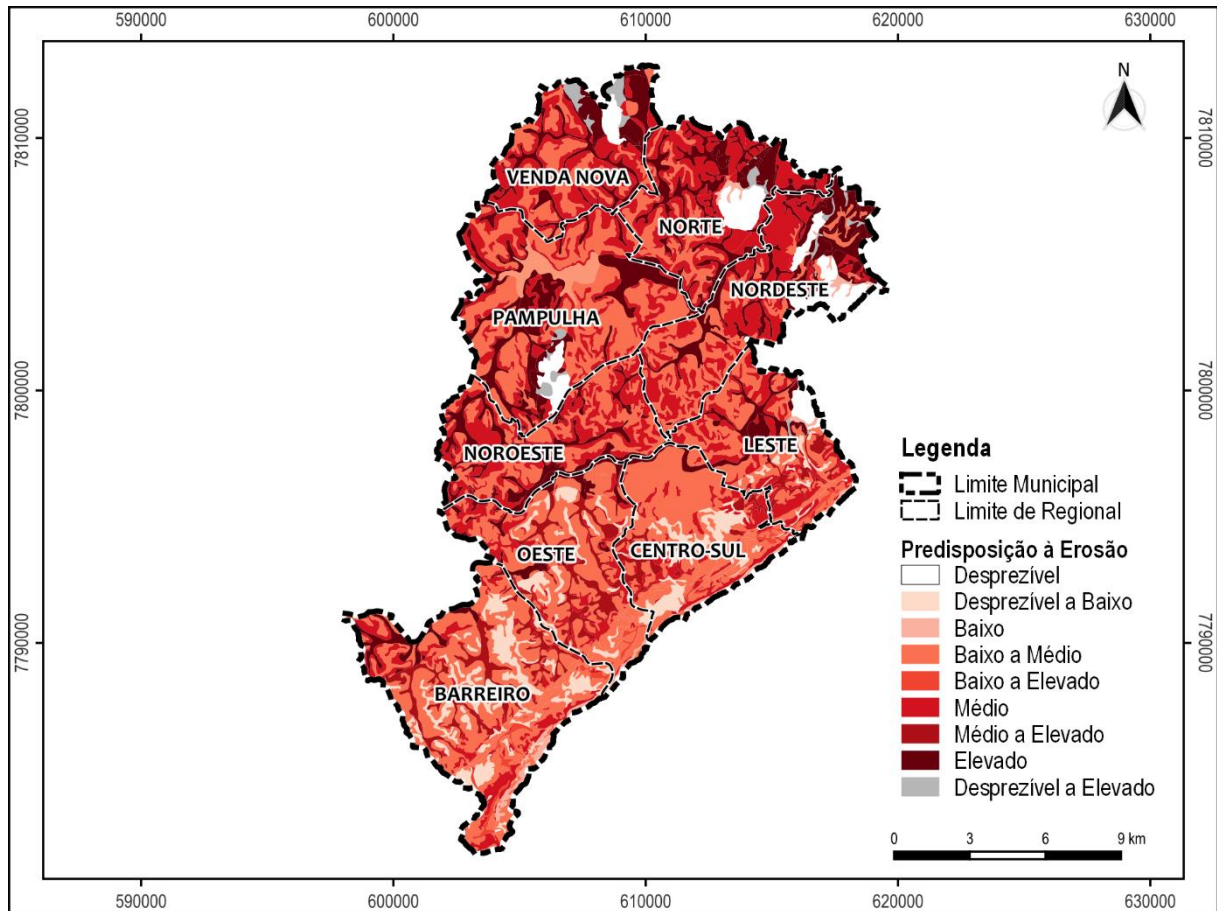


Figura 20: Predisposição à erosão

Fonte: adaptado de SILVA, CARVALHO et. Al, 1995

As classes foram ordenadas de acordo com o nível de predisposição, e receberam notas de 1 a 9, sendo 1 a de predisposição elevada (menor controle da erosão) e 9 a de predisposição desprezível (maior controle do processo).

A relevância de cada categoria de cobertura do solo foi estabelecida a partir dos coeficientes utilizados por pesquisadores para o fator CP (LANZA, 2011; STEIN et al, 1987; BERTONI e LOMBARDI NETO, 1999). De modo geral, afloramentos de rocha, corpos hídricos e infraestrutura urbana e edificações têm erosão nula. Áreas recobertas por vegetação arbórea apresentam índice de erosão muito baixo e solos expostos o maior indicador. A tabela seguinte mostra os valores adotados para dimensionamento da oferta do SE de controle de erosão.

Tabela 2: Fator CP e notas utilizadas para cada categoria de cobertura do solo

Categoria de cobertura do solo	Fator CP utilizado na EUPS	Nota invertida para dimensionamento do controle de erosão
Infraestrutura urbana/ área edificada	0	1,0
Vegetação arbórea	0,00004	0,99996
Vegetação rasteira	0,1	0,9
Solo exposto	1,0	0

Fonte: elaborado pela autora

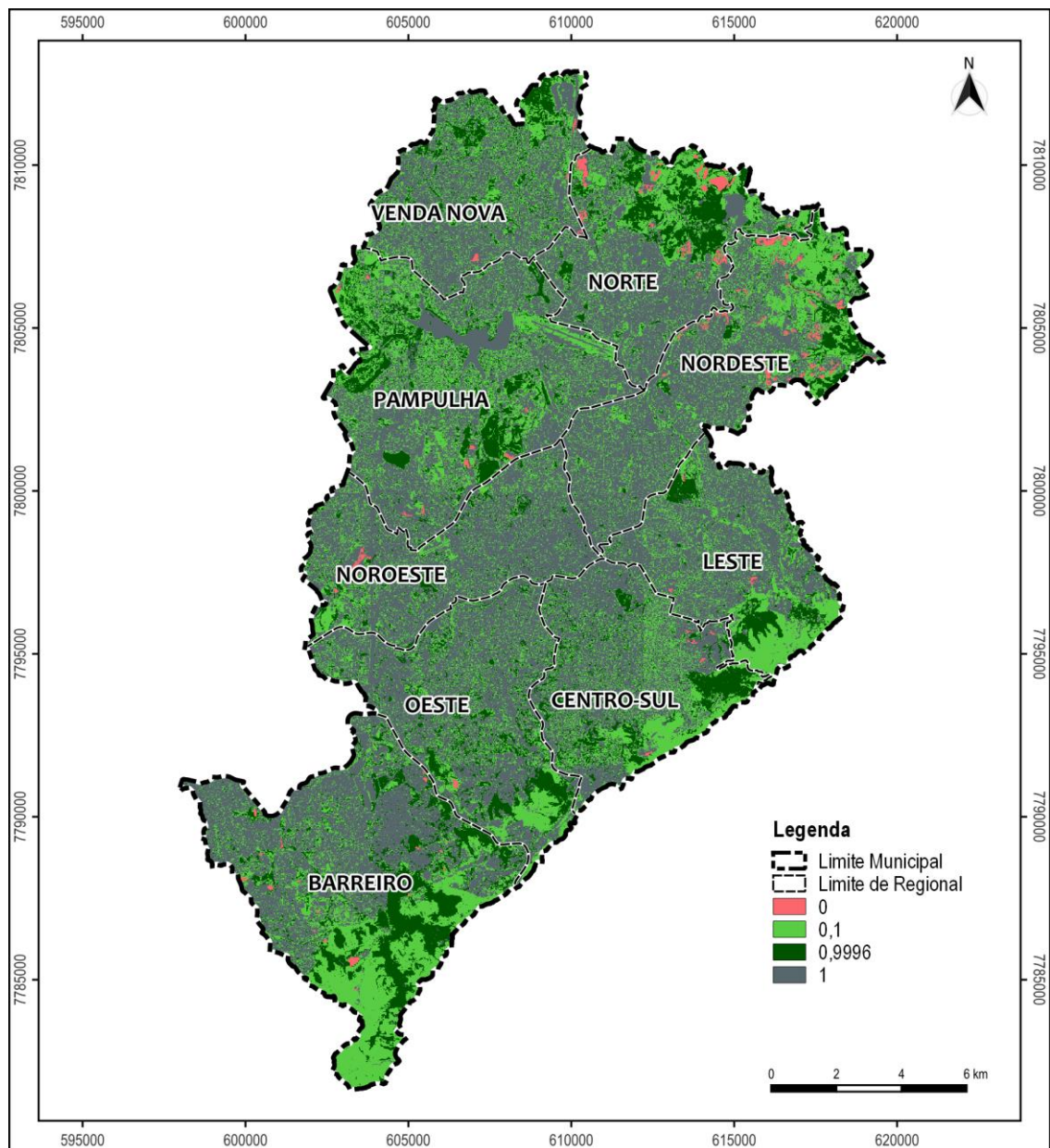


Figura 21: Cobertura do solo classificada de acordo com a relevância para o SE de controle de erosão

Fonte: elaborado pela autora

O cruzamento entre as camadas foi feito pela multiplicação dos dois fatores e posterior normalização, seguindo a lógica da EUPS. A Figura 22 apresenta o resultado, que consiste no mapa de oferta do SE controle de erosão

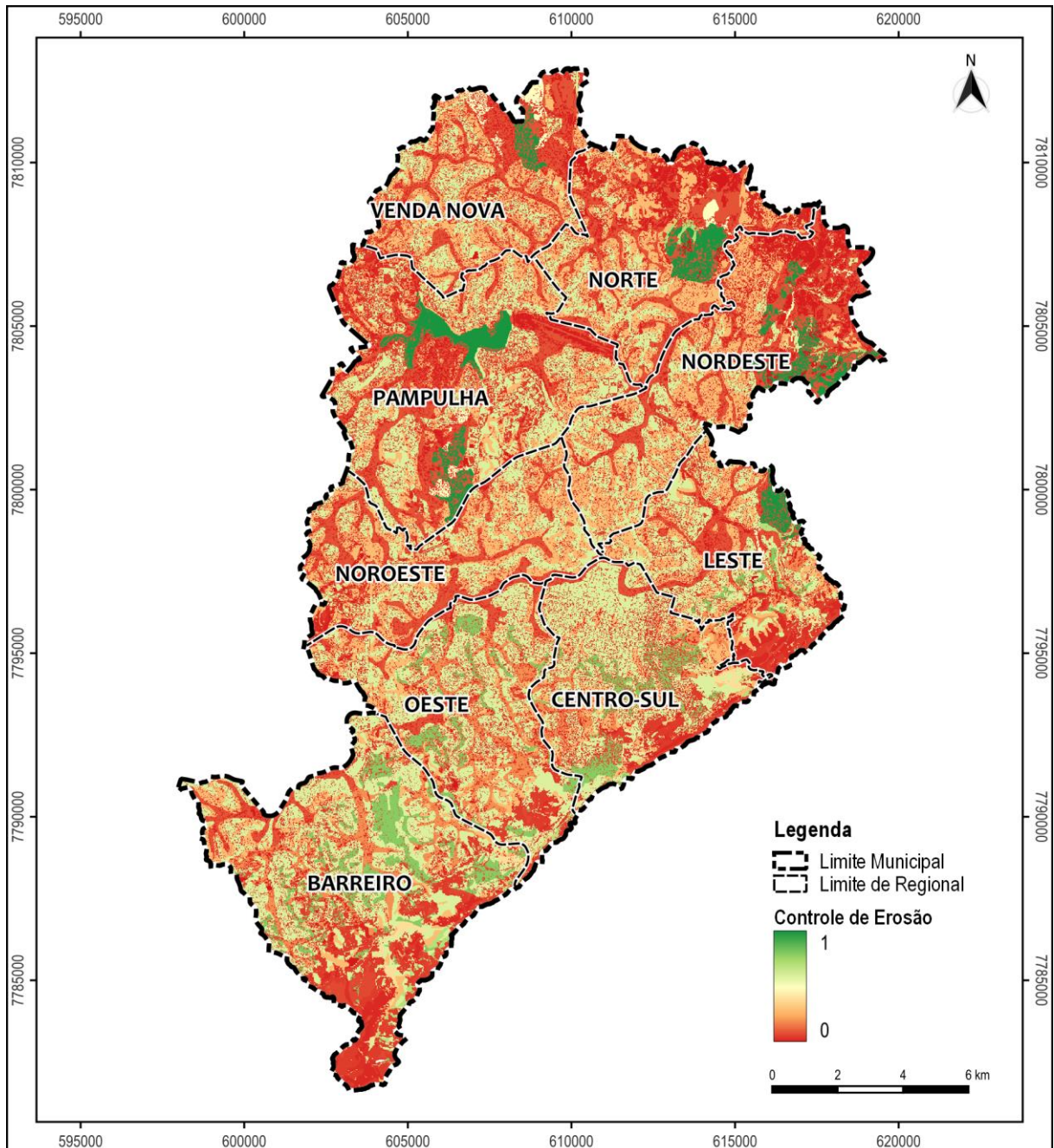


Figura 22: Oferta do SE controle de erosão

A maior oferta do SE controle de erosão estão nas vertentes planas e convexas no domínio gnaissico recobertas por vegetação. Destacam-se as áreas mais a norte do município nas regionais Pampulha e Norte.

4.2.2.3 Controle de inundações e alagamentos

As inundações consistem no extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais - planície de inundação, várzea ou leito maior do rio (CARVALHO et. al., 2007 apud REIS, PARIZZI, *et al.*, 2012). Reis, Parizzi e outros pesquisadores (2012) destacam que o processo de urbanização acaba por intensificar esse fenômeno. À medida que a população impermeabiliza o solo, aumenta a quantidade de água que passa nos condutos e canais e chega ao sistema de drenagem ao mesmo tempo. “Essa quantidade de água no sistema de drenagem elevada produz inundações mais frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo ravinamento” (REIS, PARIZZI, *et al.*, 2012, p. 35).

A permeabilidade do solo em área urbana, que na prática se traduz pela a manutenção de áreas verdes, é fator relevante para o controle das inundações. Como tratado no 4.2.2.2, a vegetação exerce um papel de redução da velocidade das águas e conseqüente diminuição no escoamento superficial.

Embora haja vários métodos para estimar o volume de escoamento superficial, grande parte deles, sobretudo aquela relacionada à engenharia sanitária, envolve cálculos complexos de precipitação e fluxos hídricos²¹. Portanto, a aplicação não seria viável nesta pesquisa. Na busca de um indicador simplificado da relação entre cobertura do solo e controle de inundações, optou-se por utilizar os coeficientes adotados pelo Método Racional.

O Método Racional foi desenvolvido na segunda metade do século XIX, nos Estados Unidos e na Inglaterra, visando estabelecer uma relação entre a chuva e o escoamento superficial e, assim, se contrapor aos métodos empíricos anteriormente empregados no dimensionamento dos condutos pluviais (PINHEIRO, 2019, p. 45).²²

O dimensionamento se dá a partir da instensidade pluviométrica, da área da bacia de contribuição e de um coeficiente C, determinado pela cobertura do solo, sendo que quanto maior, mais intenso é o escoamento superficial gerado. A tabela a seguir mostra os valores adotados pela Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura de Belo Horizonte (SMOBI) para elaboração de projetos de Manejo de Águas Pluviais.

²¹ São exemplos os modelos desenvolvidos por Conceição e Simões (2021) e Otto Pfafstetter (1957)

²² Pinheiro (2019) aponta que há críticas ao uso exclusivo do método no dimensionamento de infraestrutura urbana. Porém para a finalidade desta dissertação o uso dos coeficientes se mostrou adequado.

Tabela 3: Coeficientes de escoamento superficial adotados pela SMOBI

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA	C mínimo	C máximo
Pátios e estacionamentos	0,9	0,95
Áreas cobertas	0,75	0,95
Lotes urbanos grandes	0,3	0,45
Parques e cemitérios	0,1	0,25
Terreno	0,5	0,85
Relvado arenoso plano	0,05	0,1
Taludes	0,7	0,7
Áreas verdes	0,5	0,5

Fonte: SUDECAP, 1993

Para determinação da oferta do SE controle de inundações, adotou-se como *proxy* o coeficiente de escoamento superficial calculado pela SMOBI partir da classificação da cobertura do solo de Belo Horizonte, e disponibilizado na plataforma BHMap. De acordo com a PRODABEL, os valores foram estimados baseando-se na análise das classes de cobertura do solo presentes na área de drenagem e comparação com os valores definidos na literatura.

Como a relação entre o escoamento superficial e o controle de erosão é negativa e os valores dos coeficientes já são normalizados de 0 a 1, para obtenção do mapa de oferta desse SE, utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Controle de inundações} = 1 - (\text{Coeficiente de Escoamento Superficial})$$

O resultado está apresentado Figura 23.

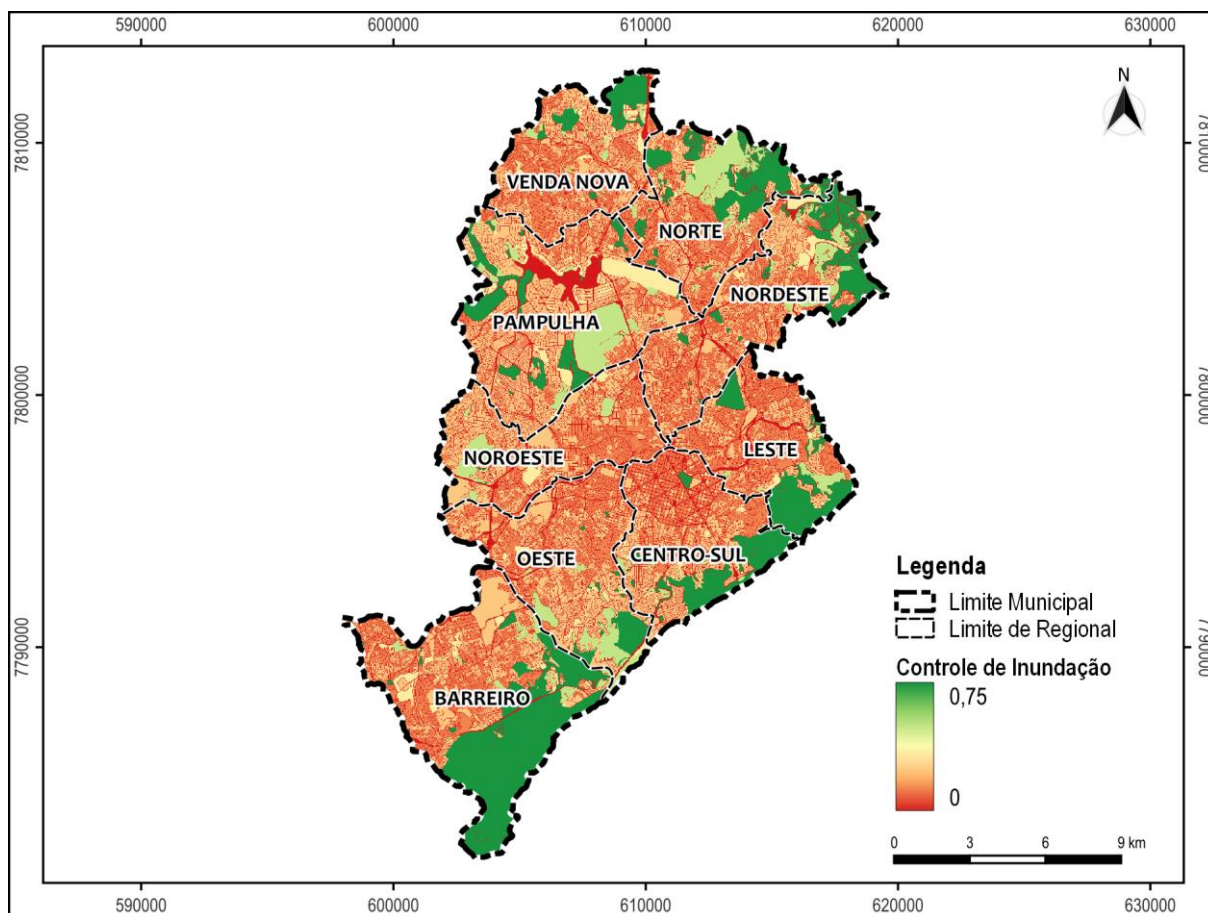


Figura 23: Oferta do SE controle de inundação

As áreas com maior oferta desse SE são o alinhamento montanhoso da Serra do Curral e a borda nordeste do município, justamente as regiões com maiores manchas de áreas verdes conectadas (ver item 3.2).

4.2.2.4 Provisão de água potável

A provisão de água é considerada um dos Serviços Ecossistêmicos essenciais para se atingir os ODS. Contudo, apesar da relevância, trabalhos que analisam indicadores de provisão de água como serviço ecossistêmico no contexto de grandes cidades e regiões metropolitanas no Brasil são raros.

Entre as referências analisadas, a que se mostrou mais próxima à realidade de Belo Horizonte na indicação de *proxies* que reflitam a oferta desse SE foram os estudos de Carbone, Coutinho e equipe (2020) para a Região Metropolitana de Curitiba. No trabalho é proposto um conjunto de indicadores de avaliação de capital natural e da oferta e demanda do serviço ecossistêmico de provisão de água.

Para a oferta, os autores selecionaram duas variáveis, uma que reflete a provisão de água superficial (Disponibilidade hídrica dos mananciais de abastecimento) e outra a de água subterrânea (Disponibilidade hídrica subterrânea). Carbone, Coutinho e equipe (2020), destacam que o capital natural é a base para a geração do serviço de provisão de água, por isso deve-se considerar no dimensionamento da oferta aspectos como existência de áreas de preservação e de vegetação nativa.

Adaptando essa perspectiva aos dados disponíveis para Belo Horizonte, definiu-se as seguintes *proxies*:

- **Para análise da disponibilidade de água potável superficial:** Bacia correspondente aos pontos de captação de água para abastecimento metropolitano localizados no município²³. Conforme o Plano Municipal de Saneamento (2016), esses locais são o Córrego do Cercadinho e o Córrego Barreiro.

As bacias selecionadas receberam nota 1, e as demais área do município nota 0, como especializado na Figura 24.

²³ A Região Metropolitana de Belo Horizonte é abastecida por oito sistemas produtores de água que trabalham integrados entre si (Sistema Integrado). A captação é feita no município apenas para os sistemas Morro Redondo, que atende Zona Sul e parte de Nova Lima, e Barreiro, que atende a região homônima.

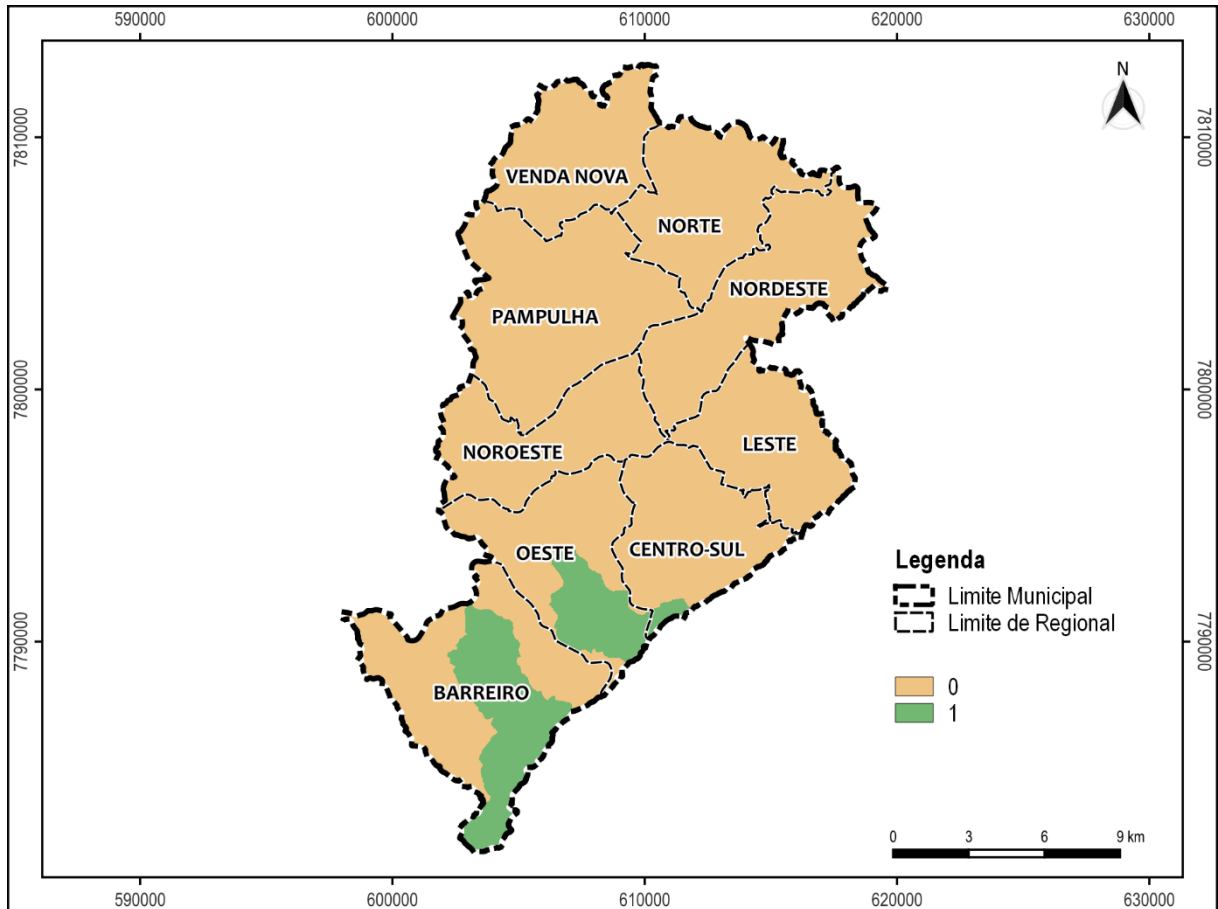


Figura 24: Bacias dos córregos utilizados como manancial em Belo Horizonte

Fonte: elaborado pela autora

- **Para análise da disponibilidade de água subterrânea:** Concentração de nascentes, que nada mais são que afloramentos de água subterrânea na superfície (NGWA, 2010). Utilizou-se o mapeamento de nascentes elaborado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Belo Horizonte (2021), que atribui a cada ponto um índice de qualidade. O Índice de Qualidade das Nascentes em Belo Horizonte (IQNas) é composto por quatro parâmetros que incorporam a dimensão do capital natural descrita por Carbone, Coutinho e outros (2020). São eles: (1) Aplicação de APP segundo o Código Florestal – sim ou não; Aspecto da Nascente- limpa ou poluída; (3) Local - parques, áreas verdes públicas, unidade de conservação ambiental; (4) Condição da Nascente-natural, natural antropizada; represada, corte, aterrada, confinada, drenada confinada; drenada (SMMA, 2021).

Por se tratar de dado em formato de ponto, a concentração foi avaliada a partir de um mapa de calor utilizando-se da interpolação de Kernel, ponderado pelo

IQNas. Os valores foram normalizados de 0 a 1 com o método de máximos e mínimos (Figura 5).

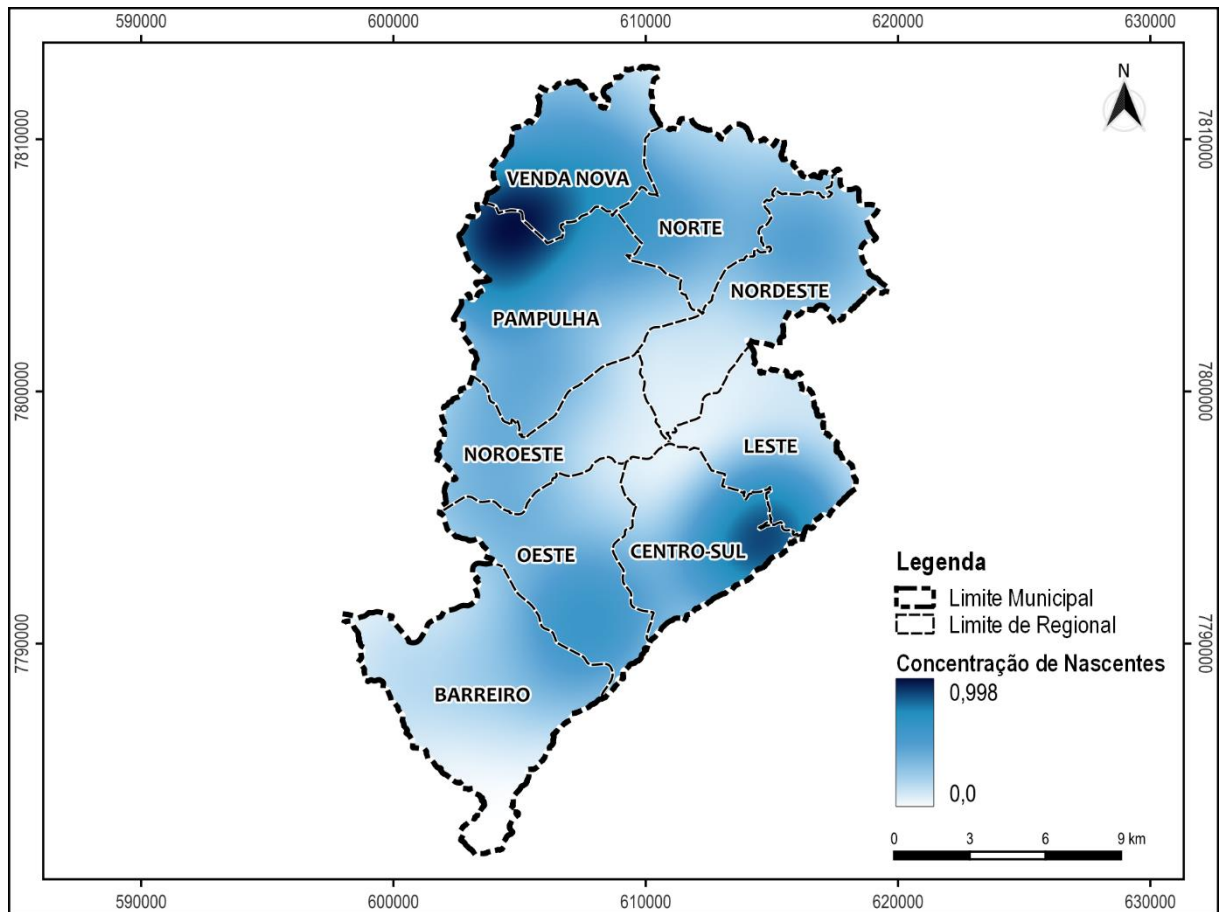


Figura 25: Concentração de nascentes ponderada pela Qualidade em Belo Horizonte

Os dois mapas foram cruzados com pesos iguais, ou seja, aplicou-se a média aritmética para obtenção do mapa de oferta do SE provisão de água potável (Figura 26).

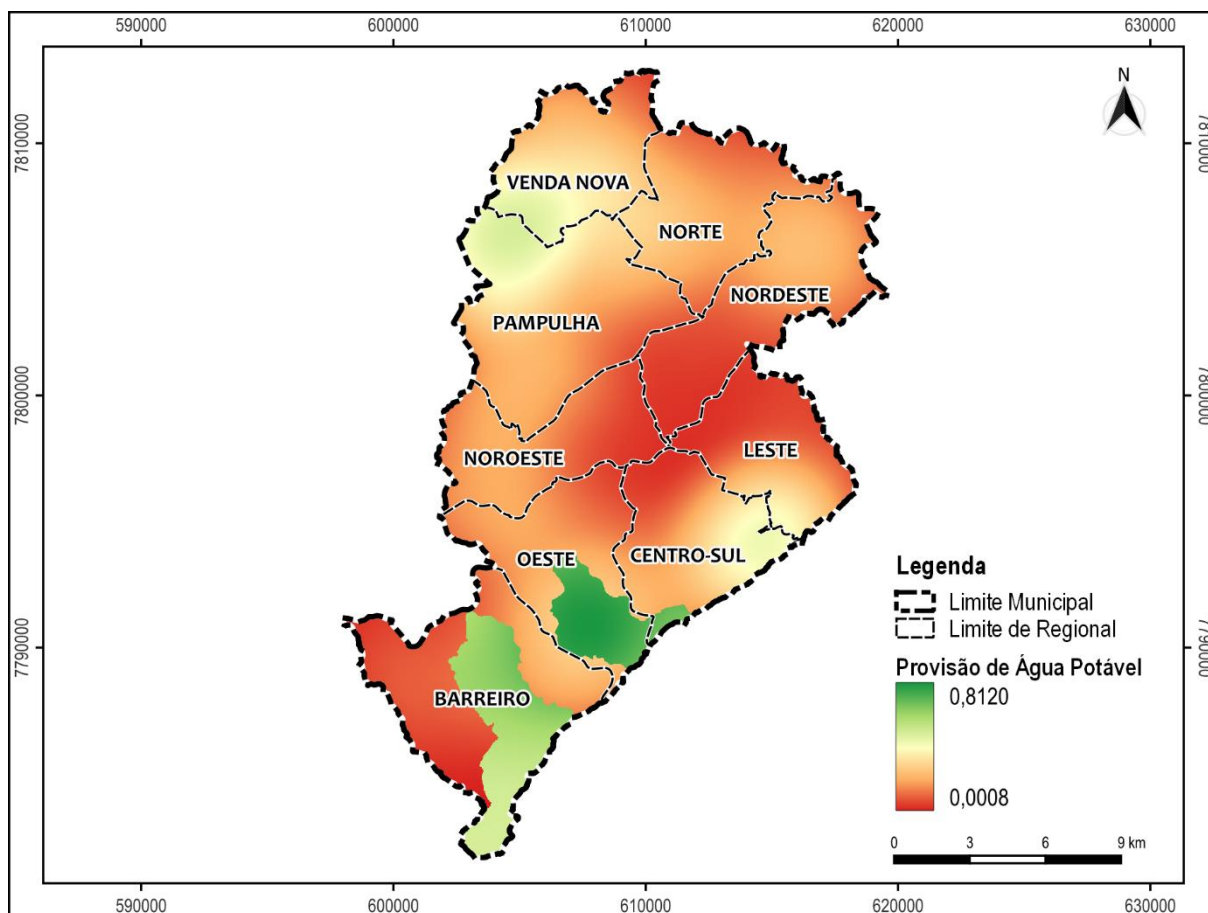


Figura 26: Oferta do SE provisão de água potável

As maiores concentração de oferta desse SE se encontram nas bacias dos córregos onde há captação de água, pois nesses locais há oferta de recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Destacam-se também as regiões dos bairros Mangabeiras e Trevo, na Pampulha. Enquanto a primeira está protegida pelo Parque Municipal das Mangabeiras, garantindo a manutenção do SE, no segundo caso a maior parte das nascentes se encontram em áreas privadas, ocupadas por sítios e chácaras. Ainda que haja zoneamento restritivo previsto pelo Plano Diretor (Zonas de Preservação Ambiental 1 e 2), o local apresenta proteção mais frágil, suscetível a pressões do mercado imobiliário e de ocupação irregular.

4.2.2.5 Recreação, Turismo e Valores Espirituais

Os ecossistemas contribuem para oportunidades de reflexão, enriquecimento espiritual e recreação (ANDRADE & ROMEIRO, 2009 apud BACHI, 2018). Os recursos naturais e a biodiversidade são fatores essenciais para o desenvolvimento do turismo, que segundo Bachi, (2018) é um produto da paisagem.

O Plano Estratégico de Turismo de Belo Horizonte 2023-2007 (BELOTUR, 2023) coloca o turismo de natureza como um segmento potencial para Belo Horizonte, que ainda demanda investimentos para desenvolvimento.

“O Turismo de Natureza que envolve as atividades de ecoturismo, aventura e contemplação realizados nos atrativos naturais e espaços públicos, apresenta-se como o que mais tem potencial para crescimento na oferta local. Soma-se a isso o fato de que os viajantes têm apresentado necessidades de realizar atividades ao ar livre, bem como ampliar o contato com a natureza. **A cidade conta com características que favorecem tal questão, como a sua geografia, clima e uma gama de parques, praças e espaços ao ar livre.**” (BELOTUR, 2023, p. 22)

Os fatores que influenciam na oferta desse tipo de turismo, segundo a Belotur, são similares aos adotados nos estudos de Laura Bachi (2018) para oferta e demanda de SE culturais associados ao turismo em Monte Verde, que utiliza como variáveis o clima, a cobertura do solo, a topografia e a infraestrutura turística.

Áreas verdes, praças e parques também podem ser apropriados para a vivência do lazer (SILVEIRA e SILVA, 2010). Espaços culturais, quadra esportivas, cinemas, teatros entre outros espaços também propícios a esse fim, mas não relacionados à oferta de SE, não foram considerados.

No que se refere aos valores espirituais, variados universos culturais e religiosos se apropriam do espaço, cada um à sua maneira, resignificando-o a partir do universo cosmológico que compõe cada realidade religiosa. Os cultos afroreligiosos apresentam estreita ligação com as áreas verdes e de mata, pois nelas são feitas coletas de plantas sagradas para realização e rituais. Nesses locais também se realizam as “macaias”, que são celebrações de cuidados realizados pelas comunidades de terreiros em áreas de matas e florestas. As águas são utilizadas para banhos sagrados. Regiões mais altas também possuem valor nesse contexto “toda montanha é a morada dos orixás Xangô e Ogum” (IEPHA; PRÁXIS, 2020).

Os montes e montanhas também tem valor sagrado para os cristãos. Em diferentes passagens da Bíblia, no Novo Testamento, há referências sobre a ida de Jesus a esses locais para desenvolver suas orações. muitos praticantes da fé cristã, a partir dos textos sagrados, buscam também morros, montanhas e serras para a exemplo de Jesus, manter seus vínculos espirituais (IEPHA; PRÁXIS, 2020). Já as águas se relacionam ao ritual do batismo.

A partir da análise da bibliografia foram selecionadas como *proxies* para a oferta dos serviços de recreação, turismo e valores espirituais as camadas listadas no Quadro 6 e ilustradas na Figura 27.

Quadro 6: *Proxies* utilizadas para mapeamento da oferta de recreação, turismo e valores espirituais

Proxy	Descrição
Cobertura do solo	Às áreas de vegetação arbórea, vegetação rasteira e corpos d'água foi atribuído o valor 1 (mais propícias ao uso de turismo e lazer). Às demais regiões atribui-se o valor 0.
Espaços Públicos de Turismo e Lazer	Atribuiu-se valor máximo (1) aos parques, por serem áreas com instrumentos de proteção mais efetivos e por, no geral, disponibilizarem melhor infraestrutura e atrativos aos visitantes. A lagoa da Pampulha e sua orla foi incluída nesta categoria, pois apesar de não se tratar de unidade de conservação, compartilha as características de ser dotada de instrumentos de proteção e infraestrutura de lazer relevante. Às praças foi atribuído valor intermediário (0,5). Demais áreas foram classificadas com valor nulo.
Topografia (Montes e Montanhas)	Mapa de hipsometria, normalizado de 0 (áreas mais baixas) a 1 (áreas mais altas) pelo método de máximos e mínimos mesclado com a camada de topos de morro disponibilizada pela PRODABEL (2011). O topo de morro é um elemento da própria altimetria, cuja função nesse modelo é apenas destacar as regiões que estão em cotas mais baixas em relação ao município, porém mais altas em relação à sua vizinhança, constituindo monte ou morro. Por isso, nesse caso foi atribuído 80% do peso à altimetria e 20% aos topos.

Fonte: elaborado pela autora

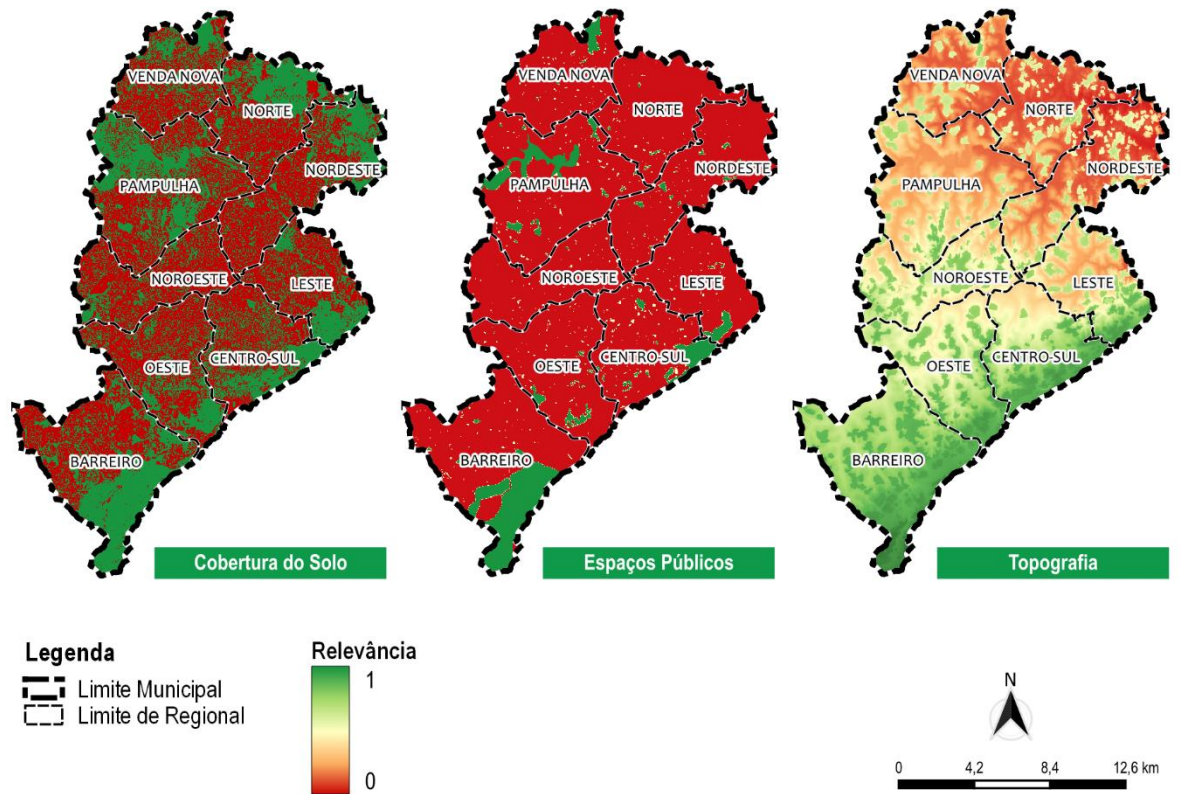


Figura 27: Camadas de Cobertura do Solo, Espaços Públicos e Topografia, classificadas pela relevância para oferta de Turismo, Lazer e Valores Espirituais

Para oferta desse serviço as camadas foram combinadas da seguinte forma: Cobertura do Solo e Espaços públicos foram considerados fatores condicionantes da oferta e por isso receberam peso 0,4, já a topografia é um fator potencializador, ou seja, regiões altas, mas que não possuem os demais atributos dificilmente serão apropriadas para turismo e lazer e rituais espirituais, portanto recebeu peso 0,2. O resultado se apresenta na Figura 28.

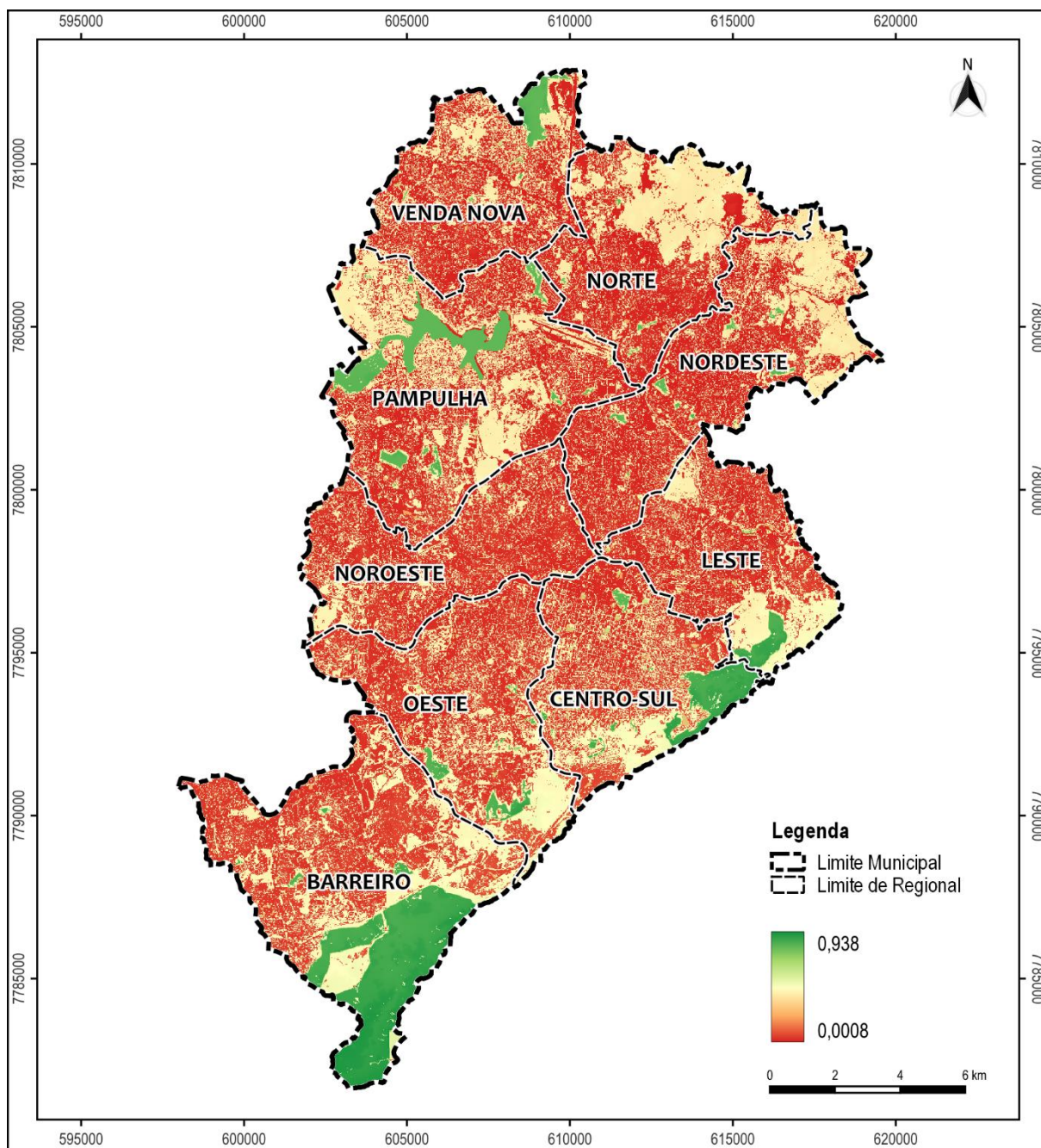


Figura 28: Oferta do SE Turismo, lazer e valores espirituais

4.2.2.6 Identidade cultural

A identidade cultural está relacionada com a forma como vemos o mundo exterior e como nos posicionamos em relação a ele, é o que faz com que um povo se reconheça enquanto agrupamento cultural que se distingue dos outros. É difícil definir uma identidade cultural específica, pois ela é maleável e depende do momento e das peculiaridades culturais de uma determinada sociedade (RODRIGUES, 2019).

Carsalade (2015), citado no dossiê de Tombamento da Serra do Curral comenta sobre a relação mais recente estabelecida entre patrimônio e identidade cultural.

“A democratização das nações, a consciência ambientalista e seu corolário, os direitos difusos, vieram modificar o conceito de patrimônio atrelado às ideias de monumento e excepcionalidade associadas às obras de arte, para entendê-lo como um conjunto de bens de caráter material e imaterial que confere identidade e documenta a memória de um povo”. (IEPHA; PRÁXIS, 2020, p. 215)

Dessa forma, o mapeamento dos atributos ambientais que contribuem para a identidade cultural de Belo Horizonte se baseou nos perímetros das áreas protegidas pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município de Belo Horizonte – CDPCM-BH, além das áreas protegidas em âmbito estadual e federal dentro do município, cuja proteção esteja associada a algum elemento da natureza. São exemplos os perímetros do entorno da Lagoa da Pampulha, da Serra do Curral, da Mata do Mosteiro no bairro Luxemburgo e do Horto Florestal, no bairro Santa Inês (Figura 29).

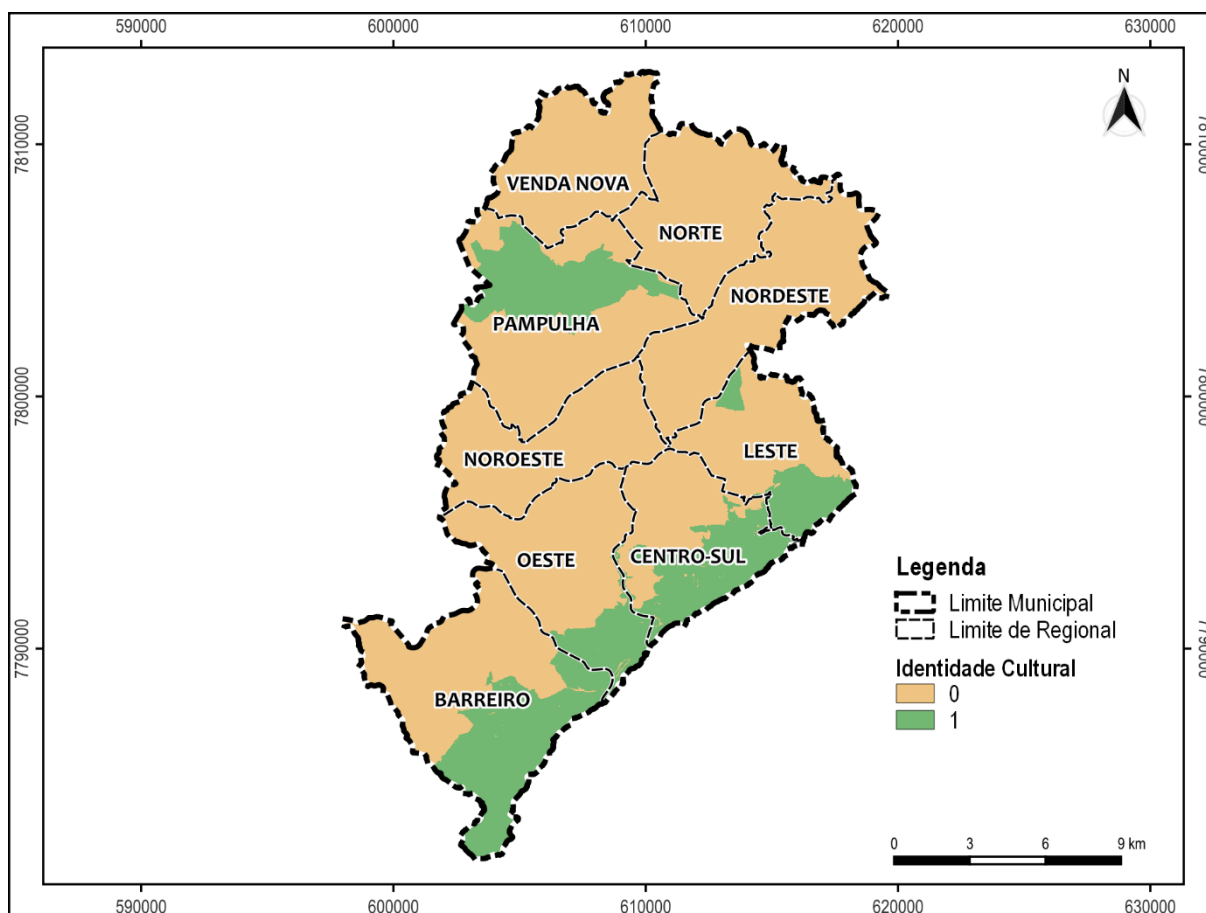


Figura 29: Oferta do SE Identidade Cultural

Fonte: elaborado pela autora

A oferta do SE Identidade Cultural se concentra na Serra do Curral e na região da Pampulha, que são reconhecidamente símbolos da cidade.

4.2.3 *Mapa de oferta global de SE*

Julgou-se necessário a construção de um único mapa de oferta uma vez que a priorização proposta nessa pesquisa seria para a aplicação de uma política integrada de PSA, não restrita à oferta de um ou outro SE no território. Embora a criação de políticas diversas para SEs distintos seja conceitualmente possível, do ponto de vista da gestão pública seria extremamente dispendiosa. Dessa forma, por se tratar de um momento inicial de aplicação desse tipo de instrumento, optou-se pela facilidade de implantação.

Não é propósito deste trabalho avaliar a importância de um SE em relação a outro, tampouco o nível de influência de cada um para o bem-estar humano. Assim, os SE analisados assumiram igual importância na combinação. Nessa perspectiva, o mapa de oferta global consiste na soma simples entre os mapas produzidos nos tópicos anteriores.

O resultado, normalizado entre 0 e 1, está apresentado na Figura 30.

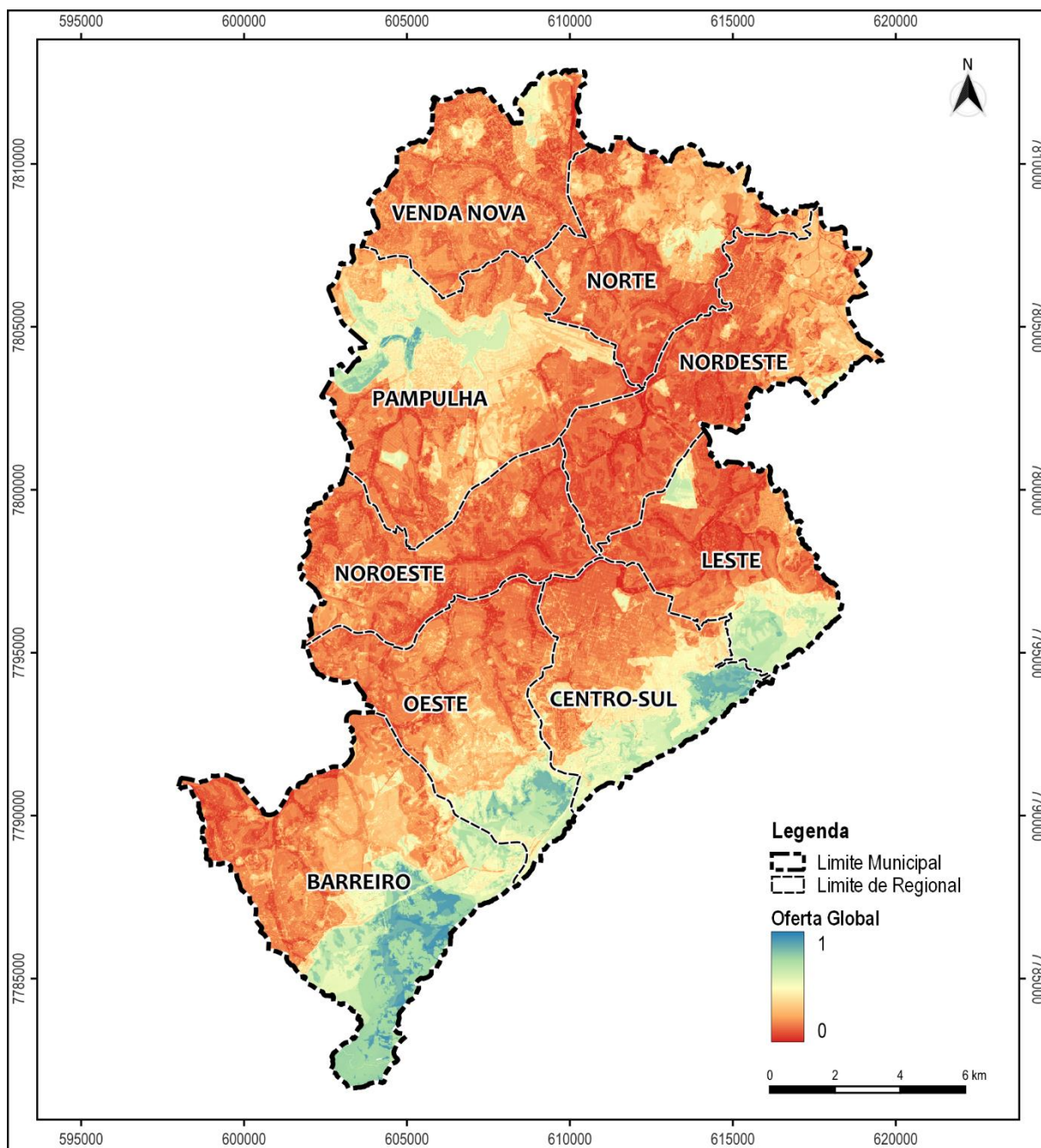


Figura 30: Oferta Global de SE no município de Belo Horizonte

As maiores ofertas se encontram no alinhamento montanhoso da Serra do Curral e na Pampulha. Como já abordado nesta pesquisa, são locais simbólicos para Belo Horizonte, cuja conservação dos atributos naturais está associada dispositivos de proteção diversos, seja na esfera ambiental, de patrimônio ou de regulação urbana.

No caso da Serra do Curral, o maciço de vegetação, a presença de parques municipais, arborização urbana generosa e altas altitudes são fatores relevantes para o alto nível de oferta de SE. Já na Pampulha, os maiores destaque são o grande espelho d'água, os espaços públicos

e a concentração de vegetação difusa, advinda de políticas de controle do adensamento urbano.

O Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais, região conhecida como Horto Florestal, entre o bairro homônimo e o Santa Inês também se destaca pela alta oferta. Trata-se de região com vegetação expressiva, que carrega valores simbólicos e contribuições culturais relevantes para a região. Seu isolamento em meio a áreas de baixa oferta demonstra a importância de dispositivos de proteção para sua conservação e necessidade de iniciativas para conexões ecológicas e de pessoas com outras áreas fornecedoras de SE (corredores e trama verde-azul, por exemplo).

Por fim, é importante destacar as regiões de alta oferta na periferia norte do município. Ao contrário dos outros pontos, esses locais não apresentam dispositivos de proteção ambiental consolidados, para além de zoneamentos mais restritos.

4.3 Mapeamento da Demanda por SE

A demanda por Serviços Ambientais foi mapeada utilizando como *proxies* a prosperidade social, a vulnerabilidade ambiental e a quantidade de pessoas a serem beneficiadas.

Optou-se pela utilização de *proxies* baseadas em índices sintéticos, pois eles consolidam estudos detalhados sobre os parâmetros que influenciam na necessidade de ações para melhoria da qualidade de vida e qualidade ambiental urbana.

Os indicadores sintéticos são medidas-sínteses utilizadas para apreender uma determinada realidade social ou dimensões do mundo social e podem ser aplicados em relação às dinâmicas de desenvolvimento de populações, espaços e ambientes. (SCHUMANN e MOURA, 2015, p. 2106)

Ainda que autores (SCHUMANN e MOURA, 2015) apontem limitações no uso desses índices em função da complexidade de fatores que compõem a vulnerabilidade, seja social, ambiental ou climática, são ferramentas importantes de gestão de território e avaliação de políticas públicas. Além disso possibilitam o monitoramento e atualização periódica.

A princípio foram construídos três mapas relacionados à demanda, um para cada uma das *proxies* mencionadas. Os mapas estão brevemente descritos a seguir e detalhados mais à frente

- **Mapa de Prosperidade Social:** Foi elaborado com base no Índice de Prosperidade Social, idealizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Constitui-se na combinação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Os indicadores estão detalhados mais adiante e representam ativos básicos, que deveriam estar à disposição de todo cidadão, e cuja ausência ou deficiência compromete as condições de seu bem-estar.
- **Mapa de Vulnerabilidade Ambiental:** Foi utilizado o Índice de Vulnerabilidade Climática de Belo Horizonte, desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte com coordenação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente. O índice é calculado como a média simples dos índices de vulnerabilidade setoriais estudados: inundação, deslizamento, dengue e ondas de calor.
- **Mapa de quantidade pessoas beneficiadas:** Foi construído com base nos dados de população disponibilizados pelo IBGE por setor censitário.

4.3.1 *Mapa de prosperidade social*

Como abordado no capítulo 2.3, o crescimento dos centros urbanos levou a uma maior preocupação em relação à qualidade de vida nas cidades, ao passo que a deterioração do meio ambiente urbano levou à progressiva redução da qualidade ambiental (COSTA, 2000; LONDE e MENDES, 2014; PINHEIRO, 2019).

O termo qualidade de vida surge na década de 1920, mas se popularizou após a Segunda Guerra Mundial, como a noção de sucesso associada à melhoria do padrão a partir de bens de consumo, como aquisição de casa própria, carro e salário digno. Com o passar dos anos, o conceito se ampliou, significando, além do crescimento econômico, o grau de bem-estar individual e em grupo obtido a partir do desenvolvimento social e acesso à educação, saúde e lazer. (KLUTHCOVSKY e TAKAYANAGUI, 2007; LONDE e MENDES, 2014).

Para avaliação da qualidade de vida na cidade de Belo Horizonte optou-se por utilizar como medida a Taxa de Prosperidade Social (COSTA e MARGUTI, 2015)²⁴, que agrega critérios tanto do ponto de vista das necessidades econômicas quanto das sociais e de acesso a

²⁴ A Taxa de Prosperidade Social é um dos indicadores apresentados no Atlas de Vulnerabilidade Social nas Regiões Metropolitanas Brasileiras, produzido pelo IPEA em 2015.

serviços urbanos. A prosperidade social é a ocorrência simultânea do alto desenvolvimento humano, medida pelo IDHM (PINTO, COSTA e MARQUES, 2013), com a baixa vulnerabilidade social, medida pelo IVS (COSTA e MARGUTI, 2015), sugerindo que, nas porções do território onde ela se verifica, ocorre uma trajetória de desenvolvimento humano menos vulnerável e socialmente mais próspera.

A prosperidade social, nesse sentido, reflete uma situação em que o desenvolvimento humano se assenta em bases sociais mais robustas, onde o capital familiar e escolar, as condições de inserção no mundo do trabalho e as condições de moradia e de acesso à infraestrutura urbana da população são tais que há uma perspectiva de prosperidade não apenas econômica, mas das condições de vida no meio social. (COSTA e MARGUTI, 2015)

O conceito de Desenvolvimento Humano, bem como sua medida, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foram apresentados em 1990 pela ONU e desde então se consolidou como uma importante ferramenta de avaliação da realidade dos países. Parte do princípio de que o bem-estar das pessoas é produto de uma vida longa e saudável, acesso ao conhecimento e um padrão econômico de vida decente. Em 1998, o Brasil adaptou esse índice para a escala municipal, e foi criado, com base em dados censitários, o IDHM. (PINTO, COSTA e MARQUES, 2013)

O índice brasileiro tem as mesmas dimensões do global (saúde, educação e renda), porém adaptados à realidade de dados e contexto nacionais. O esquema seguinte ilustra o processo de cálculo, que consiste na média geométrica das três componentes.

Quadro 7: Componentes do IDHM

Dimensão	Indicador	Descrição
IDHM Longevidade – Vida Longa e saudável	Esperança de vida ao nascer	Padrão de mortalidade do estado determinado pelas Tabelas de Sobrevivência, desenvolvidas pelo Cedeplar/UFMG, para cada uma das unidades federativa, normalizado pelo padrão de máximos e mínimos.
IDHM Educação – Acesso ao conhecimento Média geométrica dois subíndices, com peso 1 para escolaridade dos adultos e peso 2 para fluxo escolar.	Escolaridade da população adulta	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais de idade com o ensino fundamental completo.
	Fluxo escolar da população jovem	Média aritmética dos seguintes percentuais: crianças de 5 a 6 anos frequentando a escola; jovens de 11 a 13 anos frequentando os anos finais do ensino fundamental; jovens de 15 a 17 anos com ensino fundamental completo e; jovens de 18 a 20 anos com ensino médio completo.
IDHM Renda – Padrão de Vida		Renda per capita normalizada com logaritmo ²⁵

O IDHM varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano na região de análise (Figura 31).

(KLUTHCOVSKY e TAKAYANAGUI, 2007; LONDE e MENDES, 2014)

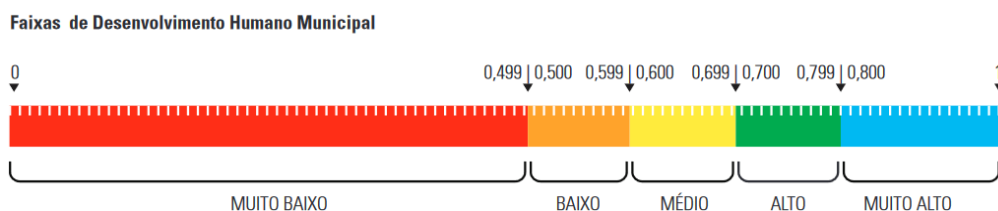


Figura 31: Faixas de avaliação para os resultados do IDHM

Fonte: Pinto, Costa e Marques (2013)

O IDMH mais recente de Belo Horizonte é 0,809²⁶, considerado muito alto na escala de avaliação do IPEA. O valor é maior do que os registrados na pesquisa anterior (0,726), demonstrando uma melhoria no desenvolvimento humano na capital estadual. A componente

²⁵ A normalização com logaritmo é uma técnica que transforma os valores de uma variável aplicando o logaritmo natural (ou outra base) a cada valor da variável. Essa técnica é útil quando os valores da variável têm uma ampla variação, e a normalização com valores máximos e mínimos não é suficiente para reduzir essa variação. Utiliza a fórmula: $I = [\ln(\text{observado}) - \ln(\text{valor mínimo})] / [\ln(\text{valor máximo}) - \ln(\text{valor mínimo})]$

²⁶ O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil disponibiliza indicadores mais recentes com base na Pesquisa Nacional Domiciliar (PNAD). Contudo as metodologias de cálculo são distintas, não sendo possível a comparação de dados. Portanto, prezando pelo rigor metodológico, nessa pesquisa optou-se por considerar os dados do último Censo, em que pese sua defasagem.

com melhor desempenho é a de longevidade (0,856), seguida da renda (0,841) e educação (0,702). Aplicando-se recorte de gênero e raça, o indicador total se reduz para pessoas negras (0,766), em função dos menores índices de renda e educação, e aumenta ligeiramente para mulheres (0,827) em razão da maior longevidade e nível de ensino.

Nas regiões metropolitanas, o Atlas de Vulnerabilidade Social disponibiliza os dados do IDMH e do IVS (que será tratado em detalhes mais à frente) calculados para Unidades de Desenvolvimento Humano (UDHs), que são agregados de setores censitários que consideram a homogeneidade das condições socioeconômicas. Foram construídas pelo IPEA com o objetivo de melhor captar a diversidade de situações que ocorrem no interior dos espaços intrametropolitanos, notadamente em seus grandes municípios, de forma a desvendar o que é escondido pelas médias municipais agregadas (COSTA e MARGUTI, 2015).

No caso de Belo Horizonte, as UDHs correspondem a bairros e grupos de bairros com características similares. Áreas que se diferenciam no tecido urbano pelo perfil socioeconômico, como vilas e favelas ou condomínios com padrão distinto de seu entorno, de modo geral, aparecem como unidades independentes, respeitando o critério da homogeneidade.

A Figura 32 mostra o IDMH por UDH em Belo Horizonte. É visível a diferença entre a parte com ocupação mais consolidada da cidade (regionais Centro-Sul, Oeste e Pampulha), que apresenta nível de desenvolvimento humano muito alto, e os trechos periféricos de ocupação mais recente e conseqüentemente com menor infraestrutura, destacando-se as regionais Barreiro, Norte e Venda Nova, que apresentam majoritariamente IDHM Alto e Médio.

A classificação proposta pelo IPEA considera o contexto nacional e foi concebida para análise entre municípios, portanto, visando compreender as diferenças intramunicipais no desenvolvimento humano aplicou-se aos dados recortados apenas no território do município a classificação por quebra natural.

Esse método estatístico é também conhecido pelo nome de seu criador, Jenks, e visa criar grupos com a menor variação possível entre seus elementos, levando em conta a distribuição natural dos dados e realizando quebras nos pontos em que são encontradas as maiores oscilações (vales do histograma). Dessa forma, as classes são mais homogêneas (RAMOS, MARCATO JUNIOR, *et al.*, 2016).

Nesse raciocínio, o índice foi distribuído em cinco classes²⁷ pelo algoritmo de Jenks. Fica evidenciada a desigualdade de desenvolvimento humano nas áreas periféricas, principalmente na porção norte, coincidente com a região do Izidora.

Analisando cada uma das componentes (Figura 33) é possível perceber que esse padrão de distribuição se repete para longevidade e educação, com poucas variações. No caso da renda, a regional Centro-Sul e a área no entorno da Lagoa da Pampulha se destacam com índices mais favoráveis que o restante da cidade. Essa diferença corrobora as questões levantadas no histórico de ocupação do município. Sob a ótica da renda, a região leste também revela baixo desenvolvimento, juntamente com os extremos norte e sul, que também se destacam negativamente na análise das demais componentes.

²⁷ Ramos, Marcato Júnior e equipe (2016) relatam em sua pesquisa que uma série de autores indicam cinco classes como o número ideal para apresentação de mapas coropléticos. Esse número se mostrou o mais adequado para o contexto demográfico, ainda que haja outras metodologias para cálculo do número ideal de faixas.

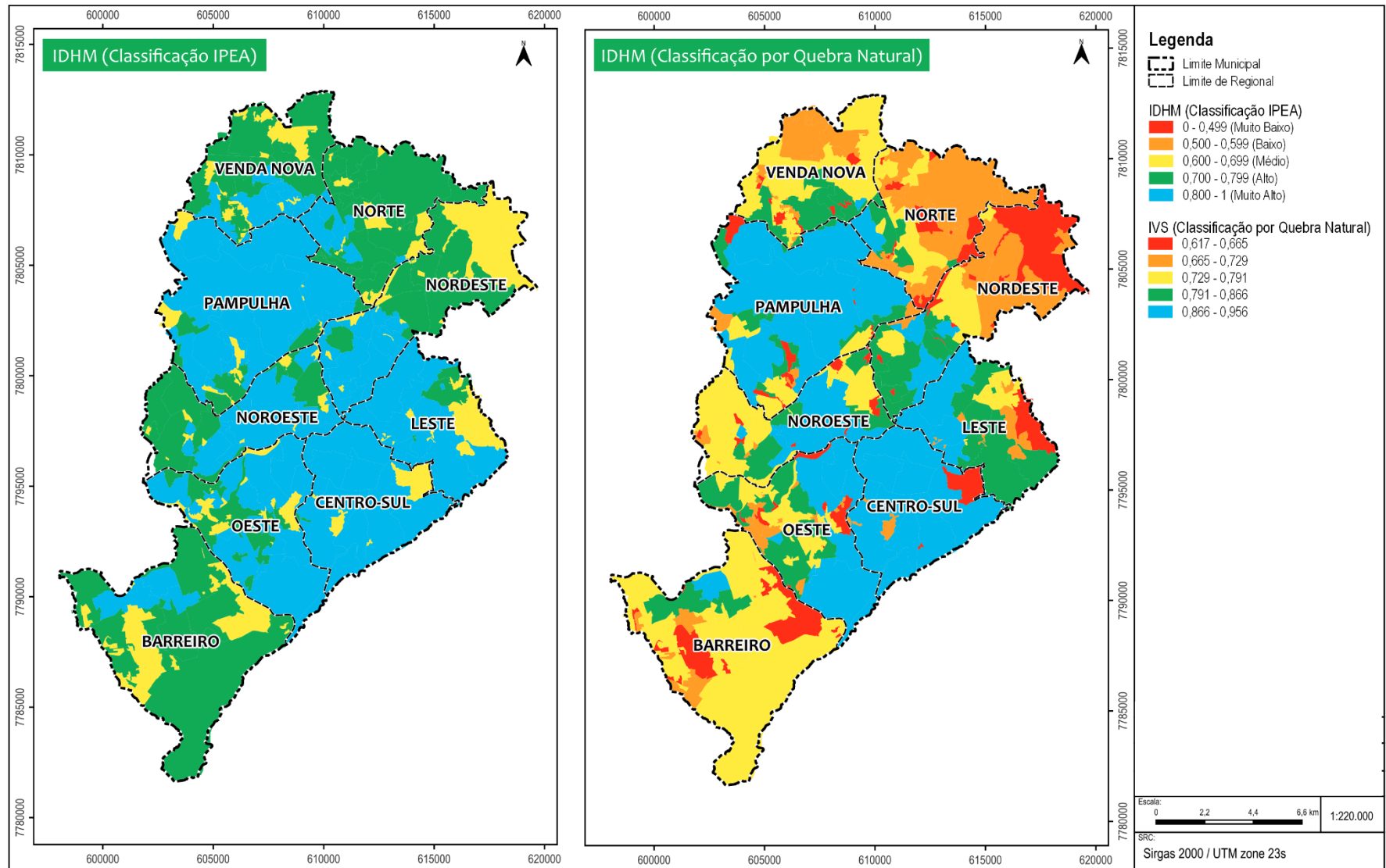


Figura 32: IDHM por UDH em Belo Horizonte, classificadas conforme recomendação do IPEA e por quebra natural

Fonte: elaborado pela autora com dados de Pinto, Costa e Marques (2013)

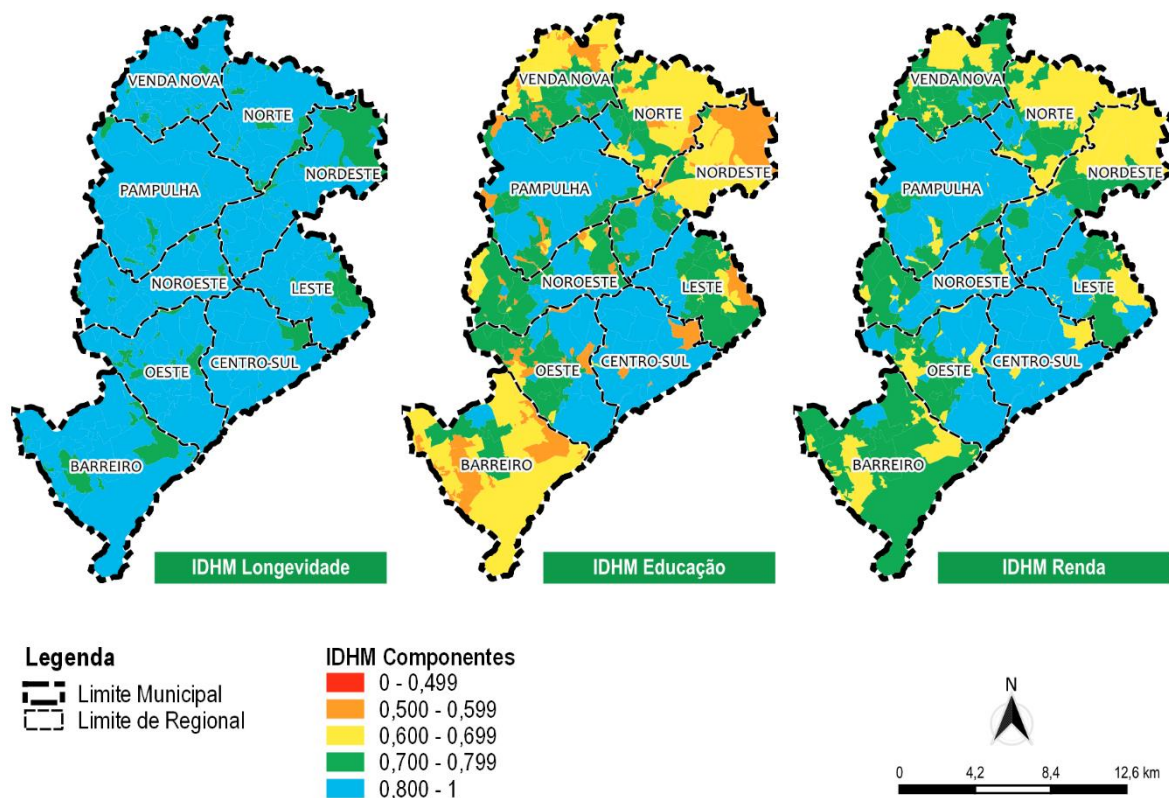


Figura 33: Componentes do Desenvolvimento Humano no território de Belo Horizonte

O IVS é um parâmetro que utiliza indicadores do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PINTO, COSTA e MARQUES, 2013), buscando destacar as diferentes situações indicativas de exclusão e de vulnerabilidade social no território brasileiro, numa perspectiva que vai além da identificação da pobreza entendida apenas como insuficiência de recursos monetários (XAVIER, LISTO, *et al.*, 2019). É composto por 16 indicadores calculados a partir das variáveis dos censos demográficos do IBGE para os anos de 2000 e 2010 e da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílio (PNAD) de 2011 a 2015, organizados em três dimensões:

- 1) Infraestrutura Urbana: reflete as condições de acesso a serviços de saneamento básico e de mobilidade urbana, por serem dois aspectos relacionados ao lugar de domicílio das pessoas que impactam significativamente sua qualidade de vida;
- 2) Capital Humano: envolve dois tipos de ativos que, de acordo com Schultz (1962), determinam as perspectivas de futuro dos indivíduos: suas condições de saúde e seu acesso à educação. Considera além da situação atual as possibilidades de melhoria para as gerações mais jovens;

- 3) Renda e Trabalho: agrupa indicadores relacionados à insuficiência de renda das famílias e fatores relacionados ao fluxo de renda e insegurança financeira, como a desocupação de adultos, a dependência com renda de pessoas idosas e trabalho infantil.

O quadro seguinte mostra as componentes do índice.

Quadro 8: Componentes do IVS

Dimensão	Indicador	Descrição
Infraestrutura urbana	Percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados	Razão entre o número de pessoas que vivem em domicílios particulares permanentes cujo abastecimento de água não provém de rede geral e cujo esgotamento sanitário não é realizado por rede coletora de esgoto ou fossa séptica, multiplicada por 100.
	Percentual de população que vive em domicílios urbanos sem serviço de coleta de lixo	Razão entre a população que vive em domicílios sem coleta de lixo e o total de residentes em domicílios particulares permanentes.
	Percentual de pessoas que vivem em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	Razão entre o número de pessoas ocupadas, com 10 anos ou mais, que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo e que gastam mais de uma hora de deslocamento até o trabalho e o total de pessoas ocupadas na mesma faixa etária e com o mesmo perfil de renda.
Capital Humano	Taxa de mortalidade até um ano de idade	Número de crianças que não sobrevivem ao primeiro ano de vida, em cada mil crianças nascidas vivas
	Percentual de crianças até 5 anos que não frequentam escola	Razão entre o número de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam creche ou escola, e o total de crianças nesta faixa etária
	Percentual de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam a escola	Razão entre o número de pessoas de 6 a 14 anos que não frequentam escola e o total de pessoas nesta faixa etária
	Percentual de mulheres adolescentes que tiveram filhos	Razão entre o número de mulheres de 10 a 17 anos de idade que tiveram filhos e o total de mulheres nesta faixa etária
	Percentual de mães chefes de família sem ensino fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade no total de mulheres chefes de família	Razão entre o número de mulheres que são responsáveis pelo domicílio, que não têm o ensino fundamental completo e têm pelo menos um filho de idade inferior a 15 anos morando no domicílio, e o número total de mulheres chefes de família.
	Taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais de idade.	Razão entre a população de 15 anos ou mais de idade que não sabe ler nem

		escrever um bilhete simples, e o total de pessoas nesta faixa etária.
	Percentual de crianças que vivem em domicílios em que nenhum dos moradores tem o ensino fundamental completo.	Razão entre o número de pessoas de até 14 anos que vivem domicílios em que nenhum dos moradores têm ensino fundamental completo e a população total nessa faixa etária.
	Percentual de pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e possuem renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo (2010) na população total dessa faixa etária.	Razão entre as pessoas de 15 a 24 anos que não estudam, não trabalham e são vulneráveis à pobreza (renda per capita menor que meio salário-mínimo) e a população total nessa faixa etária.
Renda e Trabalho	Proporção de pessoas com renda domiciliar per capita igual ou inferior a meio salário-mínimo (2010)	Proporção dos indivíduos com renda domiciliar per capita inferior a meio salário-mínimo
	Taxa de desocupação da população de 18 anos ou mais de idade	Percentual da população economicamente ativa (PEA) nessa faixa etária que estava desocupada, mas havia procurado trabalho ao longo do mês anterior à data da pesquisa.
	Percentual de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	Razão entre as pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo, em ocupação informal, e a população total nesta faixa etária, multiplicada por 100.
	Percentual de pessoas em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo (2010) e dependentes de idosos	Razão entre as pessoas que vivem em domicílios com renda per capita inferior a meio salário-mínimo, e nos quais a renda de moradores com 65 anos ou mais de idade (idosos) corresponde a mais da metade do total da renda domiciliar, e a população total residente em domicílios particulares permanentes (multiplicada por 100).
	Taxa de atividade das pessoas de 10 a 14 anos de idade (trabalho infantil)	Razão das pessoas de 10 a 14 anos de idade que eram economicamente ativas, ou seja, que estavam ocupadas ou desocupadas na semana de referência do censo entre o total de pessoas nesta faixa etária (multiplicada por 100)

Fonte: Adaptado de Pinto, Costa e Marques (2013)

O IVS é o resultado da média aritmética simples dos subíndices: IVS Infraestrutura Urbana, IVS Capital Humano e IVS Renda e Trabalho, ou seja, cada um deles entra no cálculo com o mesmo peso. Assim como no IDHM, os valores são numa escala que varia entre 0 e 1, mas nesse caso 0 corresponde à situação ideal, ou desejável, e 1 corresponde à pior situação. O IPEA indica a classificação de acordo com o ilustrado na figura abaixo, sendo que locais com índice acima de 0,5 são considerados como de vulnerabilidade social muito alta (Figura 34).

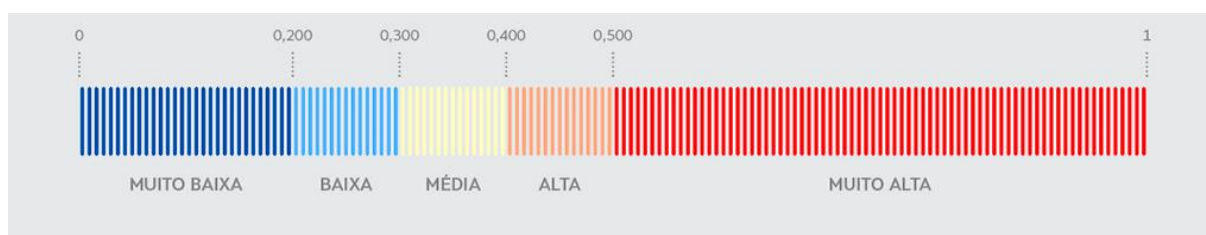


Figura 34: Faixas de vulnerabilidade social estabelecidas pelo IPEA a partir dos resultados do IVS

Fonte: Costa e Marguti (2015)

A vulnerabilidade social para o município de Belo Horizonte como um todo é baixa, aproximando-se de média (0,276), sendo a componente mais vulnerável a de infraestrutura urbana (0,404), seguida da de capital humano (0,233). O subindicador de renda e trabalho tem resultado melhor, considerado muito baixo (0,190). Assim como para o IDHM, os moradores e moradoras autodeclarados negros estão desvantagem, e apresentam IVS de 0,299, com aumento em todas as componentes quando comparados com as pessoas brancas e com o total da população. As mulheres também estão ligeiramente mais vulneráveis que a população total (IVS = 0,279), efeito da diferença na componente de renda e trabalho, que para elas é de 0,213.

Observando a distribuição do IVS nas UDHS no município, nota-se que a melhor situação, ou seja, a menor vulnerabilidade está associada às regionais Centro-Sul, área de ocupação consolidada e com maior oferta de comércio e serviços, e conseqüentemente de empregos, Pampulha, onde os serviços urbanos são bem servidos em função da presença de grandes equipamentos e histórico de ocupação planejada para população de alta renda, e entorno imediato delas. Repete-se o padrão encontrado no IDMH e evidenciado o cenário de privilégio dessas áreas em relação as regiões mais periféricas (Figura 35).

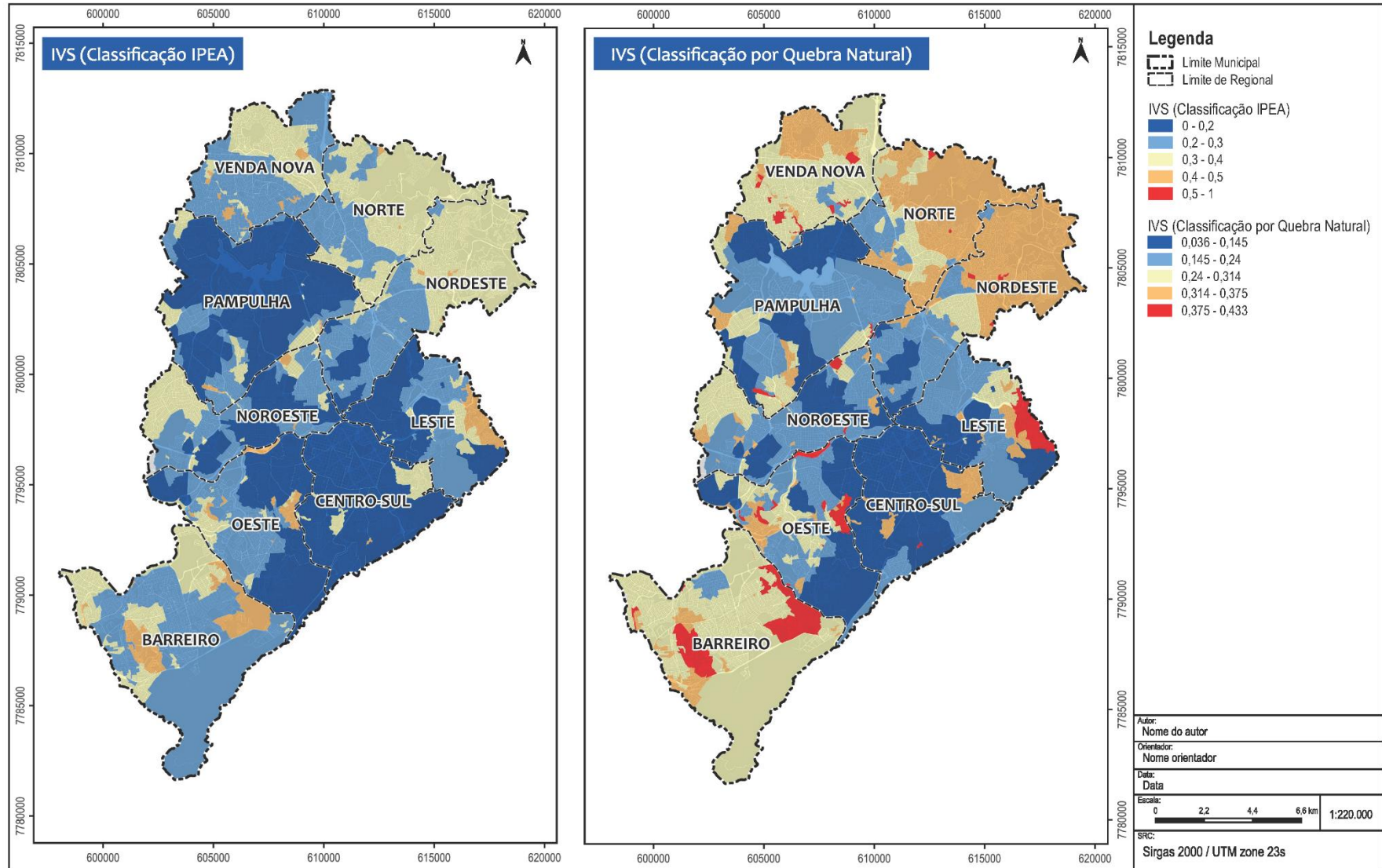


Figura 35: IVS por UDH em Belo Horizonte, classificadas de acordo com a recomendação do IPEA e por quebra natural

Fonte: elaborado pela autora com dados de Costa e Marguti (2015)

A classificação por quebra natural realça esse quadro e dá ênfase às regiões mais vulneráveis, coincidentes com as vilas e favelas, ou seja, regiões caracterizadas pela ocupação irregular de terrenos baldios alheios (públicos ou privados). Geralmente apresentam uma morfologia orgânica e um ambiente construído denso, com poucos espaços abertos e áreas verdes, sendo implantados em locais impróprios, encostas íngremes, áreas propensas a inundações ou mesmo áreas de proteção ambiental (ARAÚJO, MOURA e NOGUEIRA, 2022).

Belo Horizonte abriga 186 favelas classificadas como Zonas Especiais de Interesse Social pelo Plano Diretor Municipal (Lei 11.181/2019), distribuídas por todo o território (Figura 36). Mesmo que algumas dessas áreas estejam em localização próxima às áreas mais bem servidas de infraestrutura e oportunidades de trabalho em Belo Horizonte, os subindicadores referentes ao capital humano e trabalho e renda são demasiado altos, revelando a precariedade do acesso à educação e empregos qualificados nesses locais. A Vila Acaba Mundo, por exemplo, que está rodeada de áreas com IVS muito baixo, como os bairros Mangabeiras, Sion e Anchieta, tem na dimensão capital humano um indicador de vulnerabilidade de 0,542 e 0,429 no total.

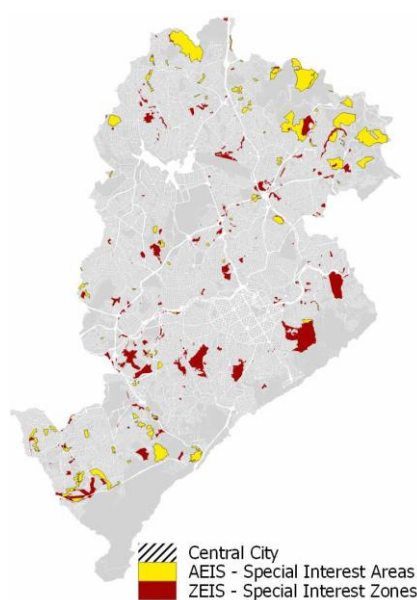


Figura 36: Localização de favelas e loteamentos irregulares em Belo Horizonte

Fonte: Araújo, Moura e Nogueira, 2022

Desmembrando cada componente fica nítida a influência da dimensão infraestrutura urbana na desigualdade entre as regiões centrais e as periferias, estando as regiões Barreiro e

Venda Nova mais uma vez em desvantagem em relação às demais (Figura 37). Cabe destacar que há uma concentração de loteamentos irregulares nessas regiões. Araújo, Moura e Nogueira (2022) descrevem que tais loteamentos, classificados pelo Plano Diretor como AEIS, possuem infraestrutura urbana e condições habitacionais muito semelhantes às favelas, só que ocupam terrenos previamente parcelados (lotes resultantes de um determinado desenho), que foram vendidos no mercado informal.

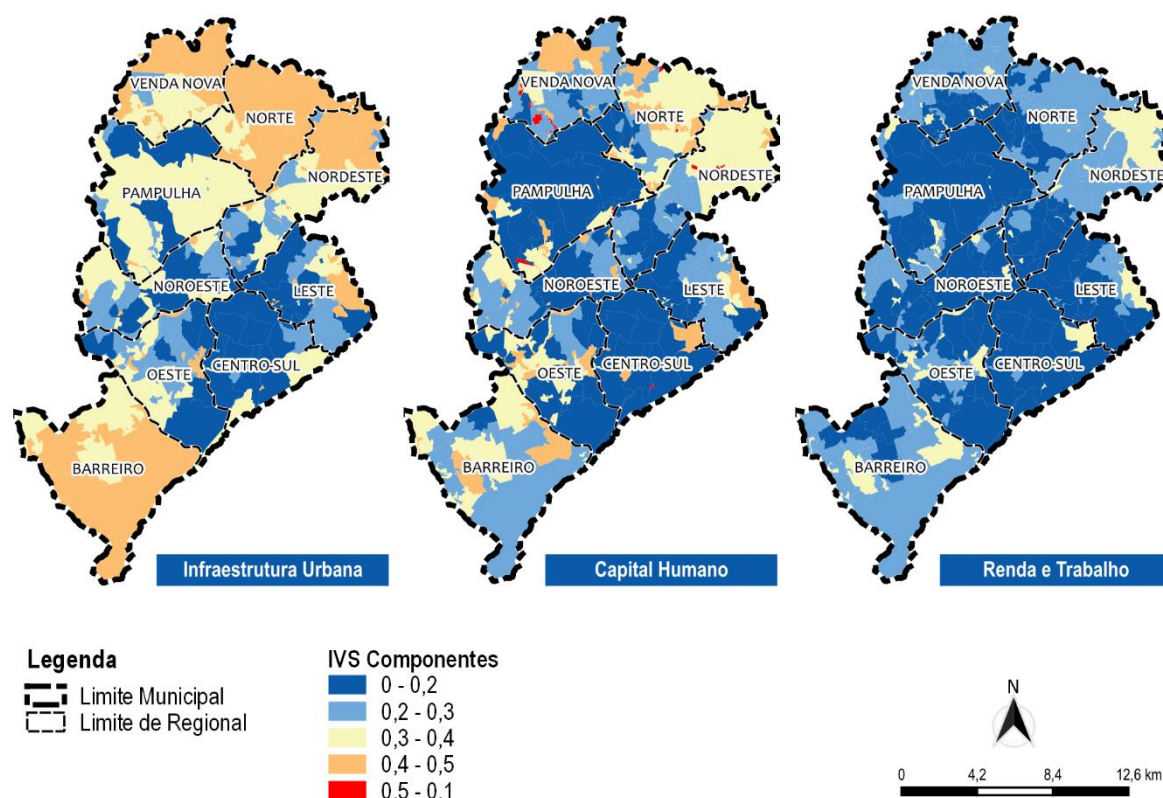


Figura 37: Componentes do IVS

Fonte: elaborado pela autora com dados de Costa e Marguti (2015)

Associando os resultados encontrados para o IDHM e o IVS obteve-se o índice de prosperidade social para cada UDH, representada no mapa abaixo. Como os indicadores base funcionam de forma reversa (a melhor situação corresponde ao maior IDHM, mas ao menor IVS), utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Prosperidade = \frac{(1 - IVS) + IDHM}{2}$$

O resultado, especializado na Figura 38, consolidada as diferenças entre as UDHs mais centrais e as periféricas. As unidades correspondentes às vilas e favelas aparecem como as menos prósperas, seguidas das periferias mais ao norte.

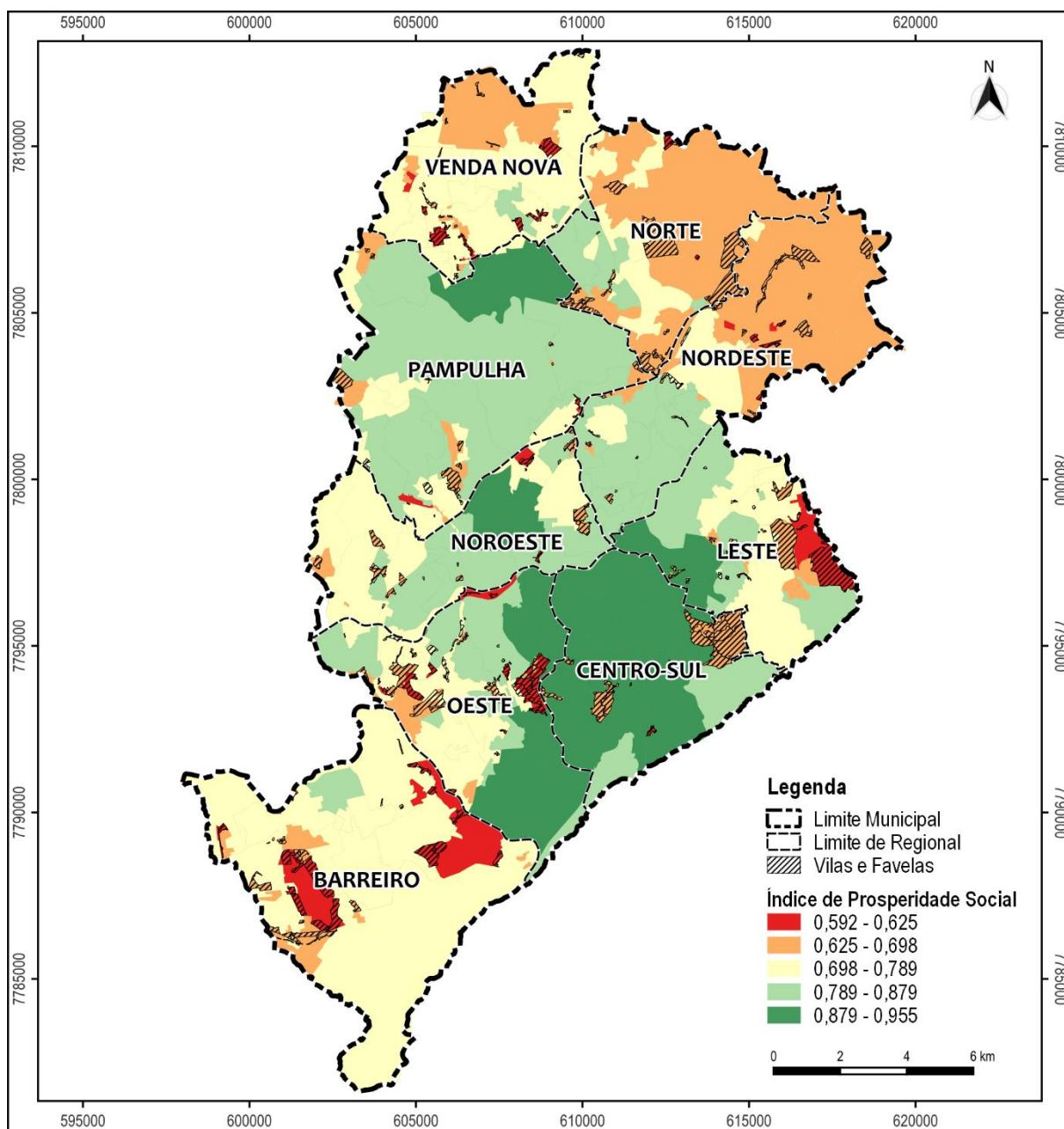


Figura 38: Prosperidade social em Belo Horizonte

A avaliação da prosperidade social é uma das componentes da demanda por Serviços Ambientais, uma vez que caracteriza claramente uma necessidade de investimentos para melhoria da qualidade de vida na cidade. A baixa prosperidade nas regiões tradicionalmente ocupadas sem qualquer planejamento ambiental é uma evidência da forte relação entre as desigualdades sociais e ambientais em Belo Horizonte.

4.3.2 *Mapa de vulnerabilidade ambiental*

A variável *proxy* para a qualidade ambiental foi constituída a partir da Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte (FOLLADOR, ROCHA, *et al.*, 2016). Esse estudo adaptou para os dados disponíveis no município a metodologia concebida ONU e utilizada no Quarto Relatório de Avaliação do Painel de Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4 - IPCC, 2007), que descreve a vulnerabilidade como resultado dos impactos gerados pelos índices de exposição climática e sensibilidade física agregados à capacidade de adaptação.

Embora seja um estudo específico para o município de Belo Horizonte, sua utilização não compromete a replicabilidade e adaptação do já que como descrito a seguir, se baseia em componentes que podem ser mapeadas para outros municípios.

Trata-se de índice sintético composto por outros quatro subíndices: 1) Vulnerabilidade à Inundação; 2) Vulnerabilidade ao Deslizamento; 3) Vulnerabilidade à Dengue e; 4) Ondas de Calor (Figura 39). Para cada componente foram estudadas tendências de progressão para o ano de 2030, considerando aspectos físicos e socioeconômicos que foram inseridos no modelo²⁸. Tendo em vista a maior proximidade com esse horizonte temporal, optou-se por utilizá-lo como base para o modelo desta dissertação.

²⁸ Por se tratar de análise complexa da evolução dos indicadores, que pouco influenciaria nos resultados da pesquisa, optou-se por não detalhar nesta dissertação. Para melhor compreender os critérios adotados para construção dos indicadores e projeção de cenário para 2030, indica-se a leitura do Relatório de Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte.

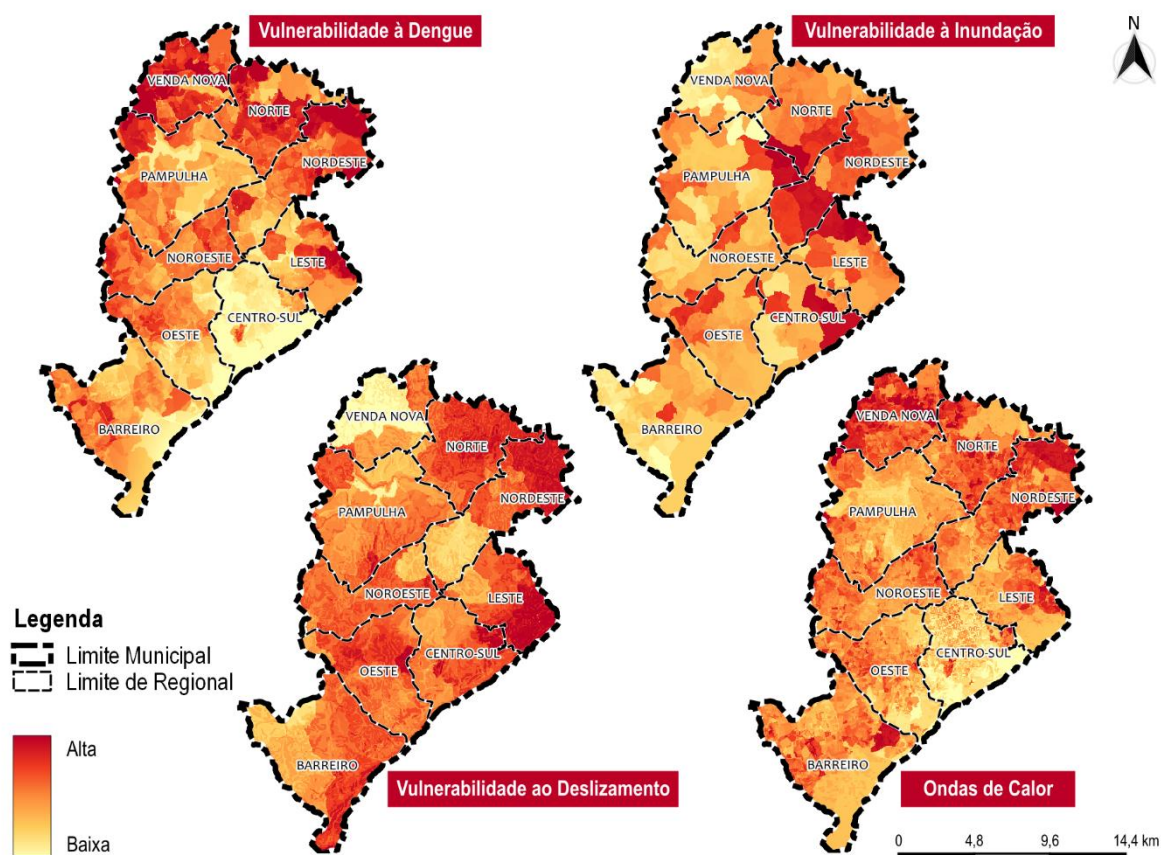


Figura 39: Componentes da vulnerabilidade ambiental

A tabela seguinte mostra os indicadores de vulnerabilidade para cada regional.

Tabela 4: Índices de Vulnerabilidade Climática por regional de Belo Horizonte

Regional	Atual (2016)		Simulado (2030)		Variação Relativa (%)
	Máxima	Média	Máxima	Média	
Norte	0,58	0,47	0,63	0,52	10,64
Nordeste	0,56	0,47	0,62	0,51	8,51
Leste	0,60	0,47	0,63	0,50	6,38
Centro-Sul	0,62	0,42	0,62	0,45	7,14
Barreiro	0,52	0,40	0,53	0,42	5,00
Oeste	0,53	0,42	0,57	0,46	9,52
Noroeste	0,55	0,43	0,56	0,46	6,98
Pampulha	0,57	0,41	0,62	0,45	9,76
Venda Nova	0,57	0,40	0,62	0,44	10,00

Fonte: FOLLADOR, ROCHA, *et al.*, 2016

Os maiores valores de vulnerabilidade estão nas regionais norte, nordeste e leste, tanto no indicador observado para 2016 quanto naquele simulado para 2030.

Avaliando-se cada uma das componentes é perceptível que a porção norte é mais impactada por aumentos de temperatura, o que favorece à vulnerabilidade à dengue e às ondas de calor. Por outro lado, a porção Sul acaba por apresentar uma maior sensibilidade biofísica aos deslizamentos pela constituição geológica e geomorfológica, apresentando relevo acidentado com alta declividade e presença de rochas com alta propensão a fenômenos de deslizamentos e erosão. Já a inundação apresenta-se de forma distribuída pelo município (FOLLADOR, ROCHA, *et al.*, 2016).

Notam-se valores mais significativos de inundação para as regiões Nordeste, Leste, Centro-Sul e Norte. A comparação entre os índices de 2016 e 2030 revela uma tendência de aumento de eventos desse tipo em Belo Horizonte.

O aumento da resiliência do município através da melhoria das condições de infraestruturas, sistemas de alerta e obras de macrodrenagem para redução de inundações são de extrema importância para diminuir a vulnerabilidade às inundações em Belo Horizonte, sendo prioritários investimentos nas regionais identificadas como hotspots (FOLLADOR, ROCHA, *et al.*, 2016, p. 98).

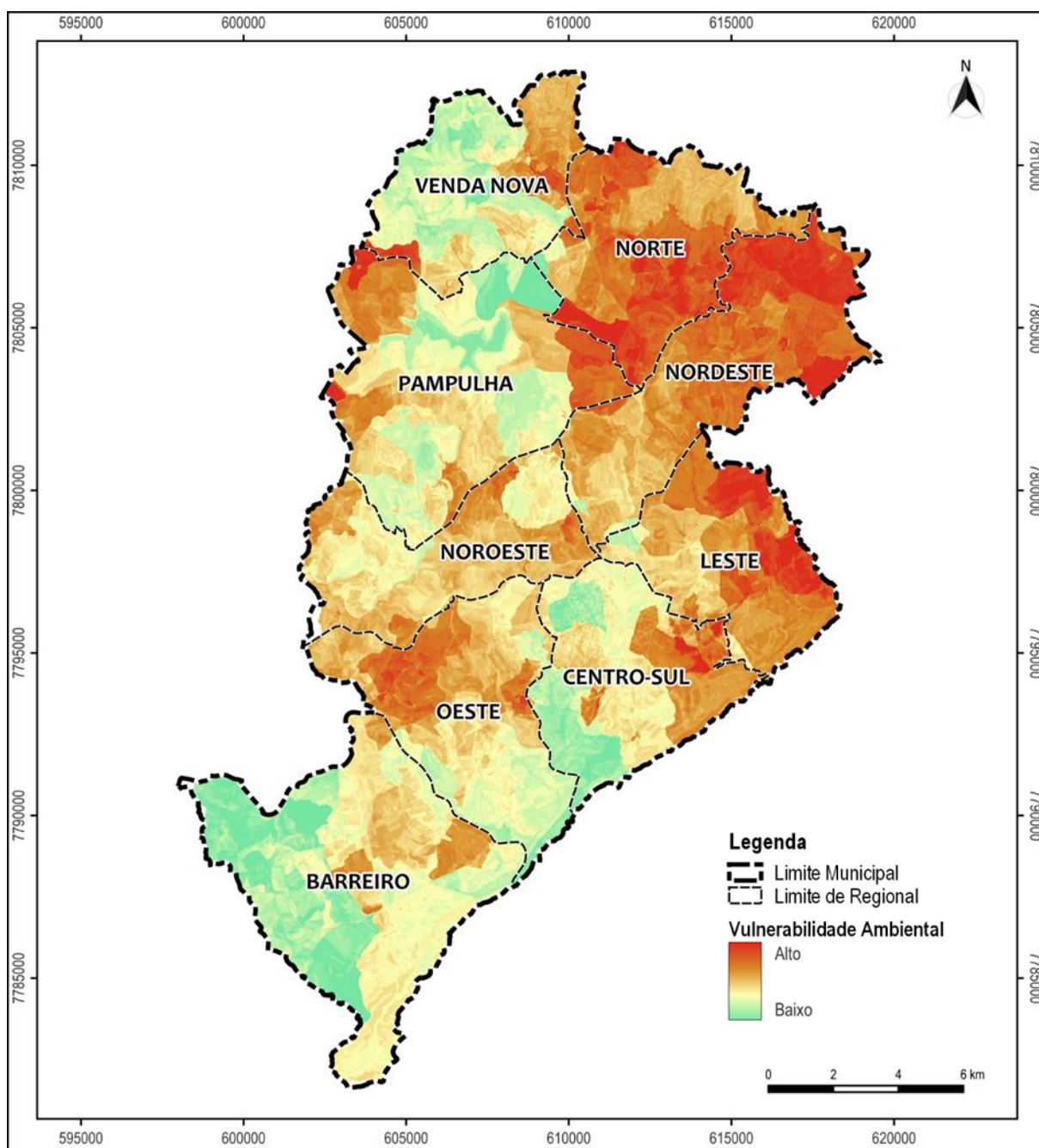


Figura 40: Vulnerabilidade Ambiental em Belo Horizonte (2030)

4.3.3 Mapa de quantidade pessoas beneficiadas

O mapa de quantidade de pessoas beneficiadas foi construído a partir de dados censitários de população para Belo Horizonte e na alteração da malha de setores, indicativo de vetores de expansão urbana. O último Censo realizado no país data de 2010. Embora os dados estejam defasados em mais de dez anos, é informação mais recente na escala intermunicipal, e por isso foi o ponto de partida desta análise.

Utilizou-se como base o número de moradores em domicílios particulares permanentes por setor censitário em 2010, espacializado na Figura 41.

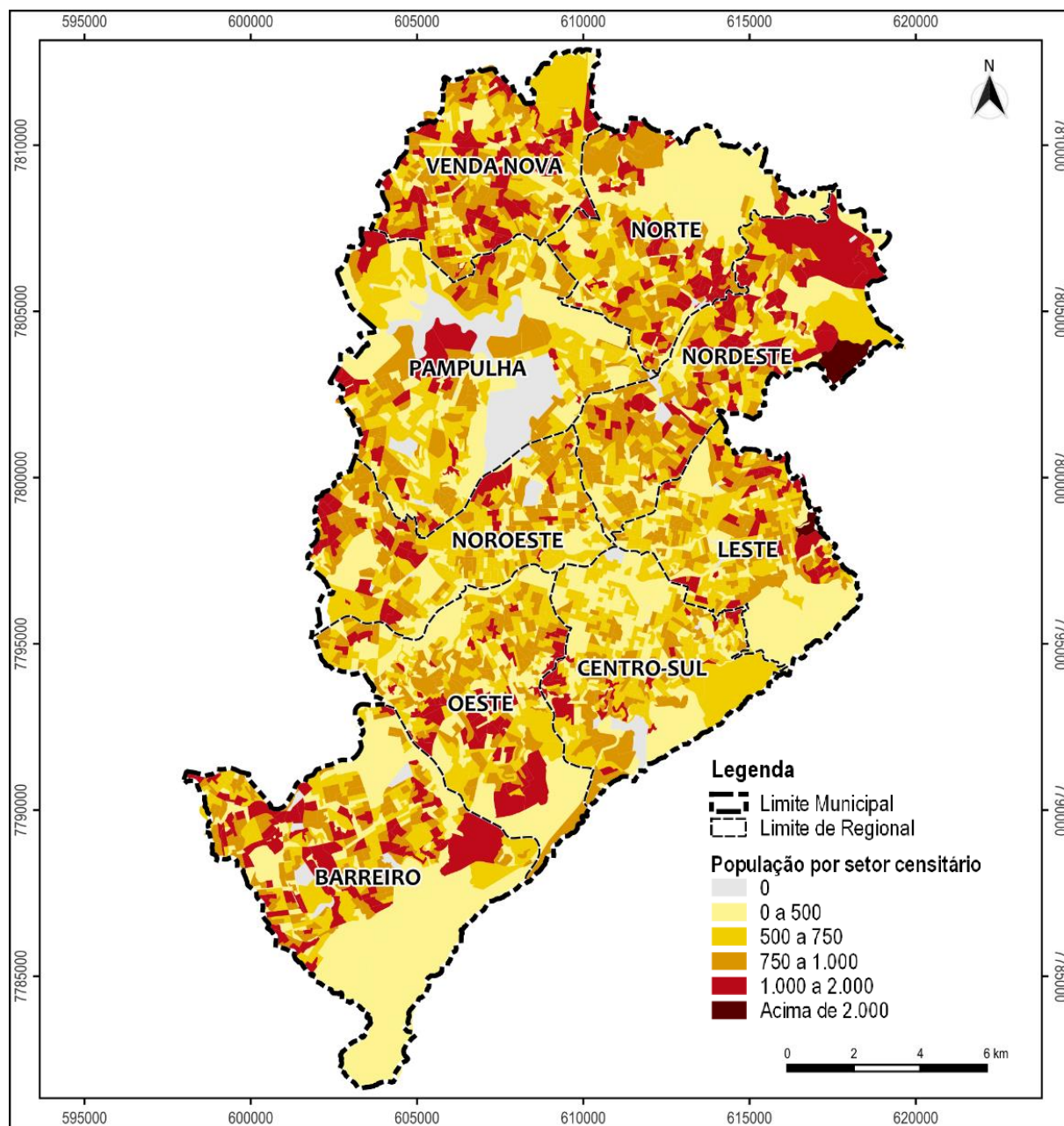


Figura 41: População por setor censitário em Belo Horizonte

Fonte: elaborado pela autora com dados de IBGE, 2010

É importante mencionar que o traçado dos setores censitários é feito a partir do número de domicílios nele inserido. Portanto áreas mais adensadas possuem setores menores enquanto regiões de população mais esparsa apresentam setores maiores. Nas áreas urbanas, essa quantidade varia de 250 a 350 domicílios, enquanto nas áreas rurais esse valor é menor,

variando entre 150 e 250 domicílios (IBGE, 2013)²⁹. Dessa forma, para compreender a distribuição de pessoas na cidade, é importante avaliar não só o número de moradores em cada setor, mas também o comportamento da malha de setores ao longo de seu território.

No momento de realização desta pesquisa não há dados estatísticos disponíveis para o censo realizado pelo IBGE em 2022. Contudo o Instituto divulgou a malha de setores censitários elaboradas para este fim no ano de 2020. Levando em conta a os critérios para delimitação dos setores, concluiu-se que a atualização no desenho dos setores reflete as mudanças territoriais após 2010. De modo geral, a subdivisão dos setores censitários indica o aumento do número de domicílios naquele local, seja por adensamento ou por surgimento de novas ocupações ou tipologias.

Tendo em vista a possibilidade de compreensão dos vetores de expansão desde o último censo pela alteração na malha, bem como a identificação em imagens áreas de regiões com expressivo crescimento após 2010, optou-se nessa pesquisa por uma tentativa de atualização dos dados de população. Para tal utilizou-se a metodologia adotada nos estudos de mobilidade urbana para a Região Metropolitana de Belo Horizonte, coordenado pela Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade - SEINFRA MG (SYSTRA, PRÁXIS, *et al.*, 2021), ilustrada na Figura 42 e detalhada a seguir.

²⁹ Esta média do total de domicílios de um setor censitário é estabelecida de forma a possibilitar que um mesmo pesquisador se responsabilize integralmente pelo setor. Em áreas muito adensadas, como por exemplo vilas e favelas, em que o deslocamento é mais fácil, estes valores podem ser bem superiores a esta média.

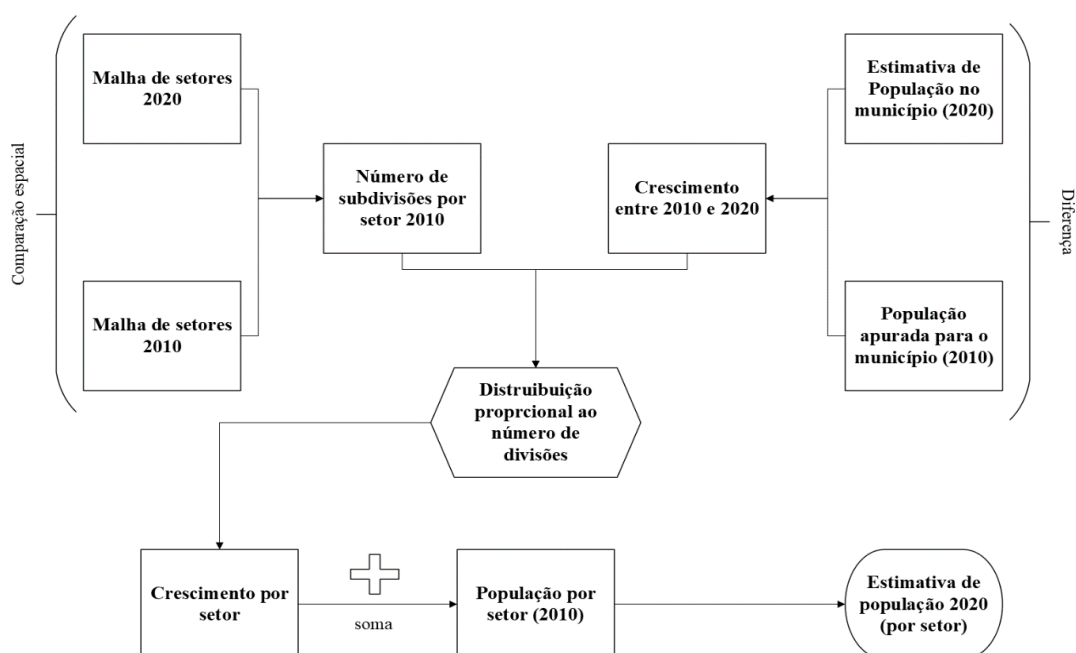


Figura 42: Metodologia para estimativa de população por setor censitário em 2020

Fonte: elaborada pela autora

Sobrepondo a malha de 2022 à de 2010 e utilizando-se de análise espacial foi possível identificar os setores de que foram subdivididos, bem como os casos em que não houve divisão, ou que o setor foi agregado a outro setor, ou ainda, foi completamente redesenhado. A partir desta identificação foi criada uma coluna no arquivo vetorial de setores de 2010 indicando o número de subdivisões que cada feição sofreu, sendo atribuído o número 0 para os que não foram subdivididos ou tiveram seu desenho modificado (supostamente sem alteração populacional significativa).

O IBGE disponibiliza anualmente as estimativas das populações municipais que servem como orientação à distribuição de recursos entre os municípios. Em 2020, mesmo ano de elaboração da malha, a estimativa divulgada é de 2.521.564 habitantes, cerca de 6,1% a mais que o apurado pelo censo de 2010 (2.367.229 habitantes). Supondo que o acréscimo de população ocorreu apenas nos setores censitários onde ocorreram subdivisões, a diferença de 154.335 pessoas foi distribuída de forma proporcional ao número de subdivisões (naqueles que receberam o número zero, não houve distribuição de população). Somando-se a população de cada setor em 2010 com o acréscimo calculado, obteve-se a estimativa de moradores por setor em 2020.

Os autores do documento de referência para esta metodologia ressaltam que ela desconsidera o crescimento vegetativo, ou seja, aquele que se dá naturalmente pela subtração

entre a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade de determinada localidade. Por isso, o número de pessoas estimado pode diferir do real (SYSTRA, PRÁXIS, *et al.*, 2021). Todavia, como o que interessa para esta pesquisa é compreender a distribuição de população ao longo do território e as diferenças entre setores, entende-se que as limitações apresentadas não comprometem o resultado.

A Figura 43 mostra a população estimada para 2020 por setor censitário de Belo Horizonte, o qual será utilizado como variável na análise de demanda por Serviços Ambientais.

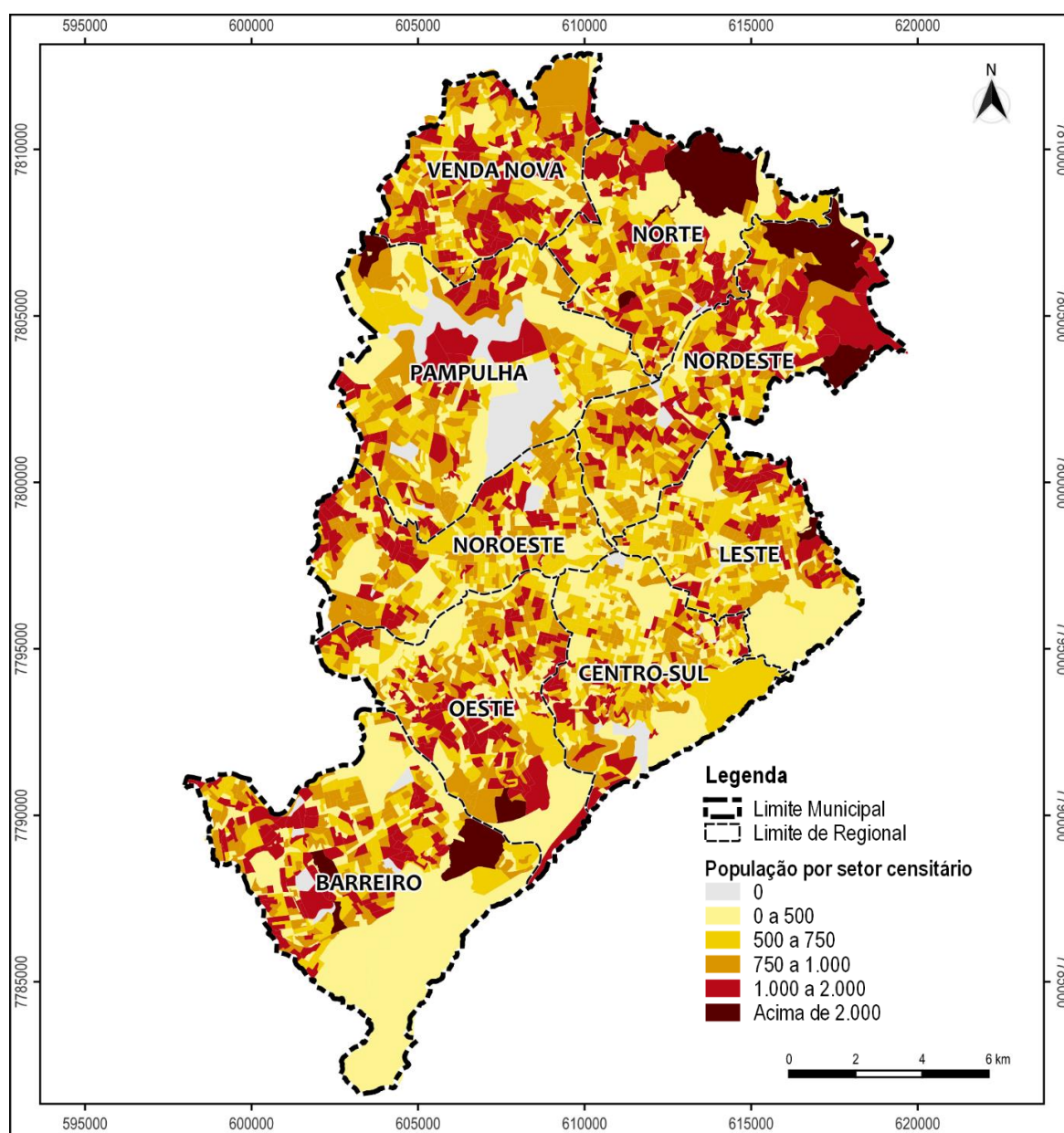


Figura 43: Mapa de quantidade de pessoas beneficiadas

Fonte: Elaborado pela autora

4.3.4 Cálculo da demanda por Serviços Ambientais

Os três mapas descritos nos itens anteriores foram combinados por análise multicritério, que, segundo Moura e Jankowski (2016), pode ser traduzida como uma álgebra de mapas, “o que favorece que o problema seja subdividido em seus principais componentes: as variáveis que interferem no seu comportamento, a maneira como eles são integrados e a combinação deles” (MOURA e JANKOWSKI, 2016, p. 667).

A ideia de multicritério não é nova. Ela começou com a abordagem sistêmica, a partir dos anos 1950, com aplicações na biologia. Na década de 1960, Chorley e Hagget (1967) desenvolveram estudos sobre sua aplicação à geografia, contribuindo para a compreensão dos modelos de análise espacial a partir da abordagem sistêmica. Outra aplicação relevante no contexto deste trabalho são os estudos de McHarg (1969) no livro *Design with nature*. A decomposição dos mapas em camadas descritivas das variáveis principais, e posterior cruzamento para compor análises indicativas de áreas adequadas e inadequadas para transformações territoriais ou para a proteção. Essa lógica foi base para o método de análise combinatória aplicado no modelo de priorização proposto pela autora nesta dissertação.

No que se refere ao uso do método para priorização de áreas, destacam-se os estudos de Fonseca, Moura e Haddad (2014) na identificação de possíveis áreas prioritárias para conservação na borda nordeste do Quadrilátero Ferrífero e de Fonseca (2015) na avaliação dos processos que potencializam o fenômeno da expansão urbana e processos ambientais relacionados à necessidade de preservação ambiental no município minerador de São Gonçalo do Rio Abaixo, em Minas Gerais.

Os pesos e notas da análise foram definidos com uso do Processo Analítico Hierárquico ou em inglês *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Thomas L. Saaty (1990) na década de 1980, nos Estados Unidos. Trata-se de uma metodologia voltada para solução de problemas de escolha, aplicada para diversas situações complexas. O método AHP analisa matematicamente comparações pareadas entre fatores em conjunto aos julgamentos e pesos de especialistas para avaliar critérios qualitativos ou intangíveis (PIMENTA, BELTRÃO, *et al.*, 2019).

Uma das grandes vantagens da utilização do método AHP é proporcionar que o usuário conceda pesos relativos para múltiplos critérios ou alternativas para um determinado

critério, de modo intuitivo, na mesma frequência em que executa uma comparação par a par entre eles (SAATY, 1991).

De acordo os estudos de Saaty a avaliação par a par deve determinar a relevância do critério dentro de uma escala, como mostra a tabela abaixo.

Tabela 5: Escala de avaliação da AHP

Escala numérica	Escala Conceitual	Descrição
1	Igual	Os dois elementos comparados contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada	O elemento comparado é ligeiramente importante ao outro.
5	Forte	A experiência e o julgamento favorecem fortemente o elemento em relação ao outro.
7	Muito Forte	O elemento comparado é muito mais forte em relação ao outro, e tal importância pode ser observada na prática.
9	Absoluta	O elemento comparado apresenta o mais alto nível de evidência possível a seu favor.
2,4,6,8	Valores intermediários entre dois julgamentos, utilizados quando o decisor sentir dificuldade ao escolher entre dois graus de importância adjacentes.	

Fonte: adaptado de Saaty e Shih (2009)

Foi elaborado um questionário em meio digital utilizando a plataforma *Google Forms*, no qual os respondentes deveriam comparar as variáveis escolhidas para mapeamento da demanda por Serviços Ambientais par a par, informando, dentro de uma escala de avaliação qual importância de cada critério em relação ao outro.

O formulário foi enviado para profissionais da área ambiental, arquitetos e urbanistas, professores e acadêmicos de áreas relacionadas para respostas. No total 46 pessoas responderam. À cada resposta foi atribuído o valor correspondente na escala apresentada na Tabela 5, e posteriormente obtida média dos resultados. Os valores médios foram lançados na matriz de comparação paritária

Tabela 6: Matriz de Comparação Paritária

Critério	Vulnerabilidade Ambiental	Vulnerabilidade Social	Quantidade de pessoas
Vulnerabilidade Ambiental	1,00	1,09	1,43
Prosperidade Social	0,92	1,00	0,70
Quantidade de pessoas	0,70	1,43	1,00

Fonte: elaborada pela autora

A partir disso, obteve-se o vetor peso, o qual indica a importância relativa de cada critério em relação aos demais. Segundo Satty (1991), há várias formas de se obter esse vetor e aqui optou-se pelo método da média aritmética normalizada. Nesse método cada valor da matriz é dividido pela soma de sua coluna, gerando a matriz normalizada (Tabela 7)

Tabela 7: Matriz de comparação Paritária Normalizada

Critério	Vulnerabilidade Ambiental	Vulnerabilidade Social	Quantidade de pessoas
Vulnerabilidade Ambiental	0,38	0,31	0,46
Prosperidade Social	0,35	0,28	0,22
Quantidade de pessoas	0,27	0,41	0,32

Fonte: elaborada pela autora

Em seguida cada componente do vetor peso é calculado como a média dos elementos da respectiva linha na matriz normalizada. Os resultados, arredondados para duas casas decimais, estão expressos na tabela abaixo.

Tabela 8: Pesos extraídos do método AHP

Descrição	Pesos
Vulnerabilidade Ambiental	0,38
Prosperidade social	0,29
Quantidade de pessoas	0,33

Fonte: elaborado pela autora

Para verificar a consistência da análise utilizou-se o índice definido por Satty (1991) como Resultado da Consistência (RC), o qual deve ser menor que 0,1³⁰. Aplicando os cálculos indicados pelo criador do método obteve-se RC de 0,05, ou seja, os pesos se mostraram consistentes.

Cada uma das camadas foi convertida em *raster* e os seus valores foram normalizados a partir do método de máximos e mínimos. Lançando mão dos pesos calculados a partir da AHP, foi feita álgebra de mapas utilizando o software QGis, aplicando-se a seguinte equação.

³⁰ O Cálculo do RC depende da ordem da matriz de comparação paritária, dos vetores peso calculados e do Índice Randômico Médio, dado por Satty (1991). Para mais detalhes sobre o método de cálculo deste índice, sugere-se consulta à referência original.

$$Demanda = \frac{VA(n) * 0,38 + (1 - PS(n)) * 0,29 + QP(n) * 0,33}{3}$$

Onde:

VA (n) = Mapa de Vulnerabilidade Ambiental com valores normalizados de 0 a 1

OS (n) = Mapa de Prosperidade Social com valores normalizados de 0 a 1

QP (n) = Mapa de Quantidade de Pessoas beneficiadas normalizado de 0 a 1

Destaca-se que a relação entre a demanda por Serviços Ambientais e a prosperidade social é negativa, ou seja, quanto maior a prosperidade, menor a demanda. Ao passo que para as outras variáveis ocorre o inverso. Para padronizar as componentes, na fórmula de cálculo da demanda foi considerado o “déficit de prosperidade” dado pelo número 1 subtraído do indicador de prosperidade normalizado em cada pixel.

Os resultados se apresentam na Figura 44.

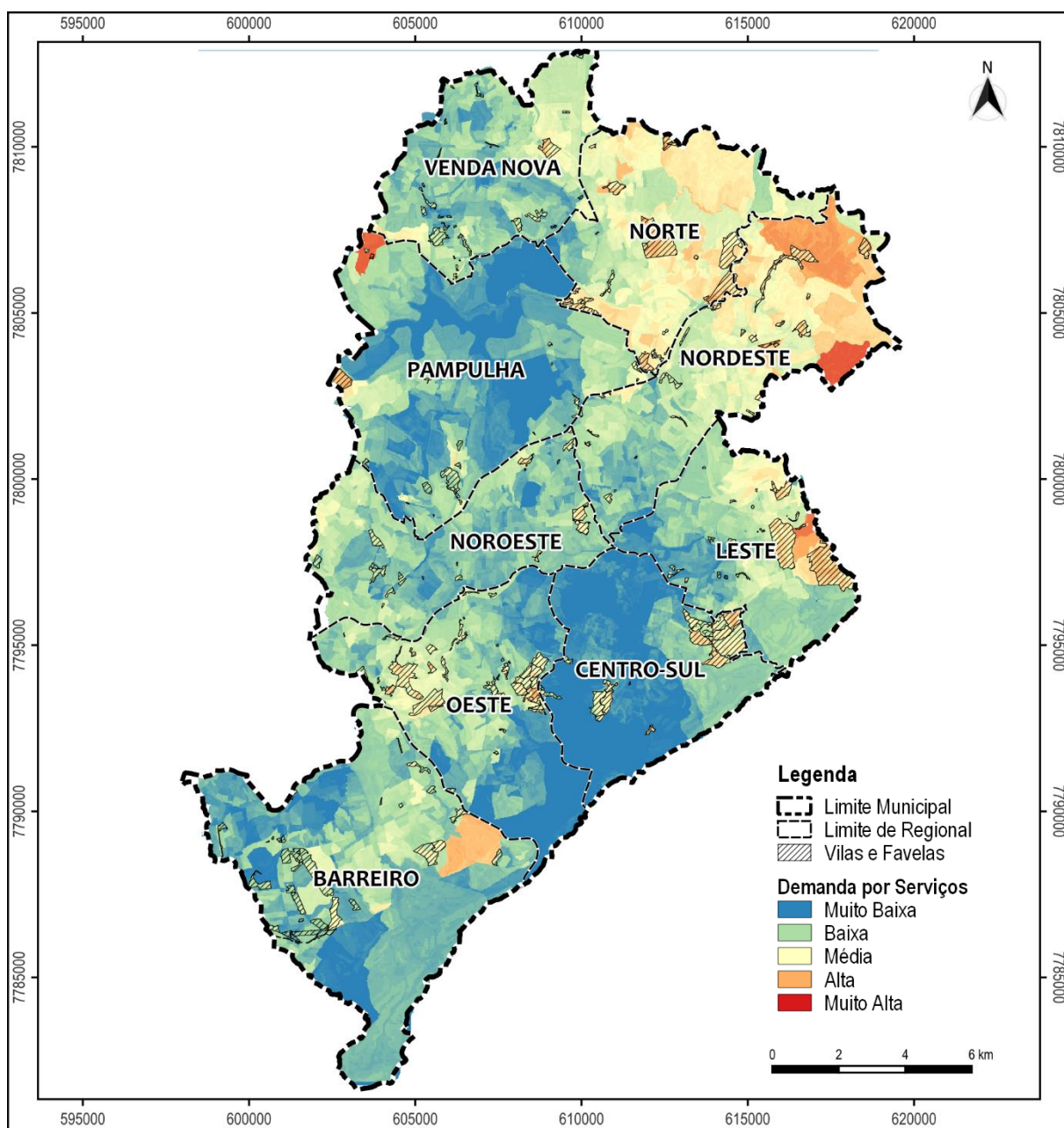


Figura 44: Demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte

Fonte: elaborada pela autora

As regiões com maior demanda se concentram a nordeste do município. Trata-se de área com ocupação mais recente, caracterizada pela deficiência de infraestrutura urbana e disponibilidade de comércio e serviços e oportunidades de trabalho. Locais pontuais, coincidentes com vilas e favelas também apresentam alta demanda, assim como loteamentos irregulares, como a região do Jardim Liberdade, no Barreiro, e do Céu Azul, a oeste da Pampulha. Por outro lado, a região Centro-sul e suas bordas e a Pampulha apresentam os menores índices, resultado da consolidação urbana e histórico de investimentos públicos e privados.

5 DEFINIÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS

As diferentes combinações de oferta de SE e demanda por Serviços Ambientais demandam políticas públicas distintas para redução de desigualdades ambientais e potencialização das funções e Serviços Ecosistêmicos. Este trabalho define como prioritárias para implantação de incentivos a Serviços Ambientais aquelas em que há coincidência de baixa oferta e alta demanda.

Para compreender as relações entre oferta e demanda ao longo do território municipal, os mapas resultantes das etapas anteriores foram classificados em cinco categorias conforme a intensidade da oferta ou demanda, carregados em ambiente SIG e combinados. Como as camadas foram normalizadas, entendeu-se que a melhor forma de subdividir as classes nesse momento é com intervalos iguais.

Seguindo o método descrito por Moura (2007), cada uma das categorias de intensidade recebeu valores categóricos, de forma a identificá-las numericamente (Figura 45 e 46).

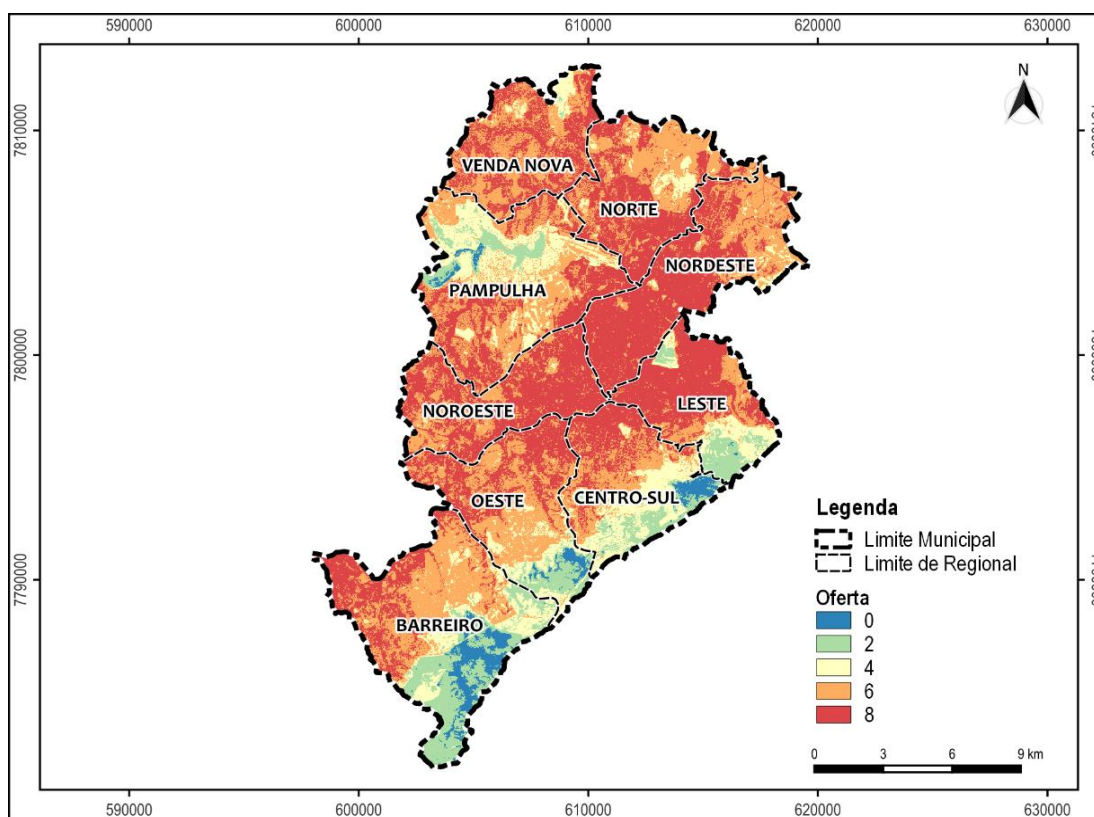


Figura 45: Oferta com valores categóricos atribuídos

Fonte: elaborada pela autora

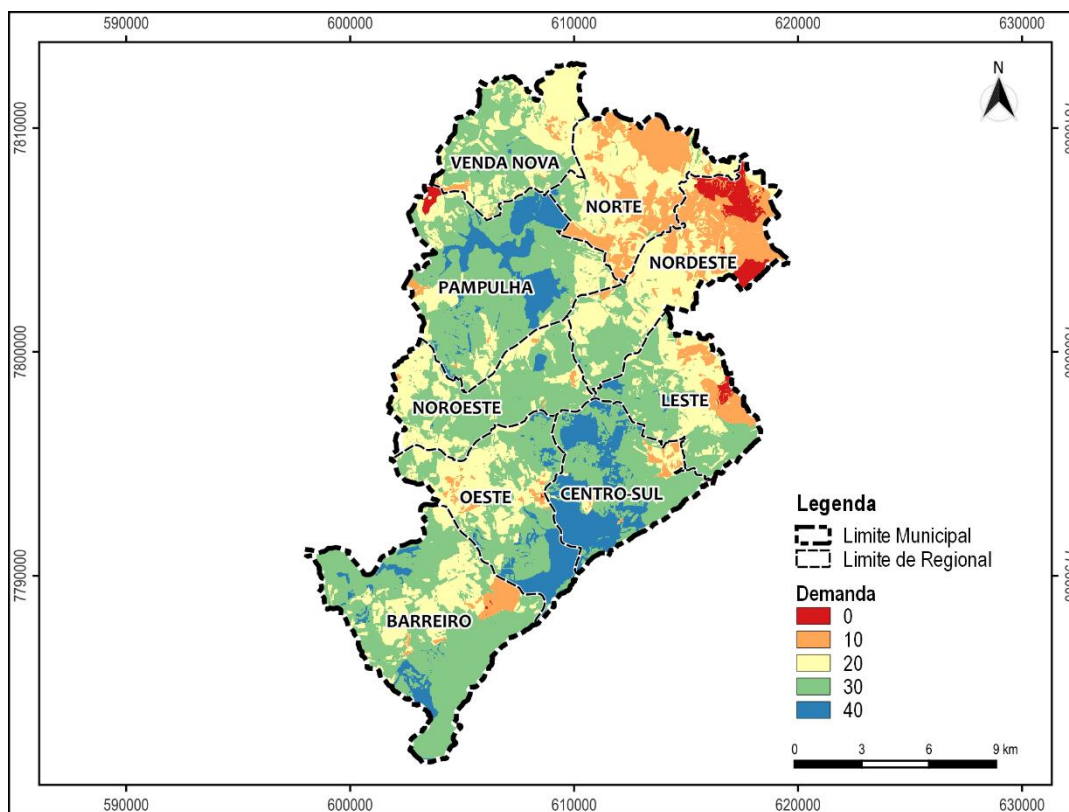


Figura 46: Demanda classificada por quebra natural e com valores categóricos atribuídos

Fonte: elaborada pela autora

Os mapas já reclassificados com os valores foram combinados seguindo a seguinte equação, que foi aplicada espacialmente, pixel a pixel.

$$CP \text{ (Critério de priorização)} = \frac{\text{Nível de oferta} + \text{Nível de Demanda}}{2}$$

A comparação gerou uma matriz de priorização das áreas, uma adaptação da Matriz de Interesses Conflitantes descrita por Rocha, Casagrande e Moura (2018). O objetivo é que áreas com maior oferta e menor demanda de SE sejam prioritárias para programas de incentivo e pagamento por Serviços Ambientais. Além disso, para cada tipo de combinação identificada são indicados os tipos de políticas mais adequadas, conforme Figura 47 a seguir.

		Valores Categóricos	Oferta de SE				
			Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa ou inexistente
			0	2	4	6	8
Demanda por SE	Muito alta	0	0	1	2	3	4
	Alta	10	5	6	7	8	9
	Média	20	10	11	12	13	14
	Baixa	30	15	16	17	18	19
	Muito baixa ou inexistente	40	20	21	22	23	24

Legenda	
	Regiões de carência socioambiental (Prioritárias para PSA). Áreas prioritárias para implantação de políticas de PSA visando o incentivo ao incremento na oferta de SE e melhoria das condições de vida e redução da pobreza.
	Regiões de desequilíbrio socioambiental (Recomendadas para PSA). Áreas recomendadas para implantação de políticas de PSA voltadas a criar vínculos entre a população e os atributos ambientais, viabilizando que a população menos favorecida no local contribua e tenha acesso aos benefícios ali ofertados, quando possível. Devem estar associadas a programas de educação e conscientização ambiental, controle de uso do solo e manutenção dos SE ofertados.
	Regiões intermediárias. Áreas não prioritárias, mas aptas a receber para melhoria da qualidade socioambiental.
	Regiões de alta qualidade socioambiental. Áreas não prioritárias para implementação de políticas de incremento de SE nem de redução da pobreza. Apresentam, porém, potencial para proteção ambiental, sem necessidade de políticas voltadas a distribuição de recursos financeiros ou compensações.
	Baixo interesse socioambiental. Áreas com baixa ou sem relevância socioambiental. Não possuem atributos que justifiquem a implementações de políticas públicas voltadas para melhoria da qualidade socioambiental.

Figura 47: Matriz de priorização

Fonte: elaborada pela autora

Aplicando-se as categorias da Matriz de priorização ao mapa resultante da comparação está apresentada na Figura 48.

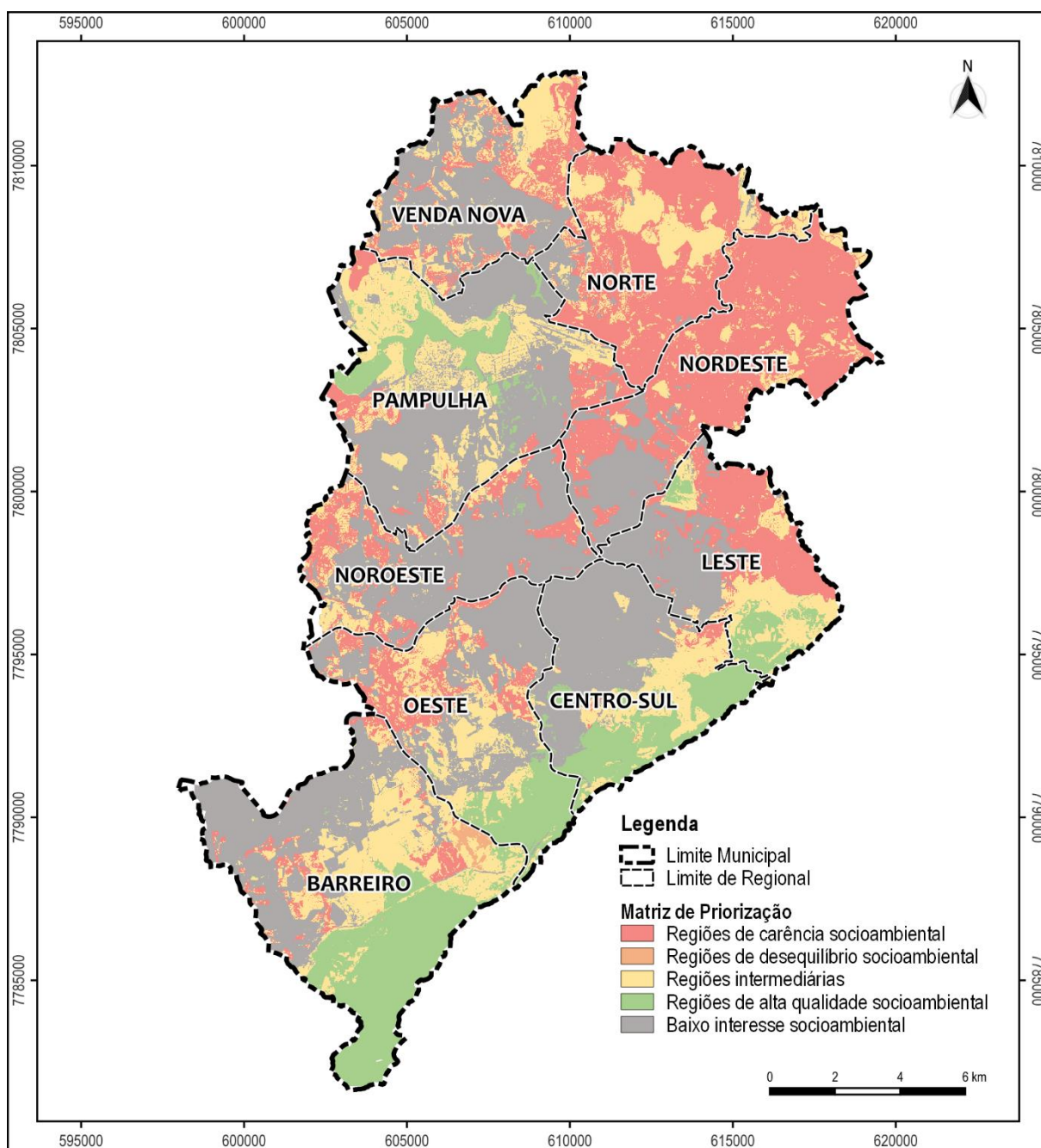


Figura 48: Resultados da Matriz de priorização

Fonte: elaborada pela autora

A figura anterior permite avaliar a oferta de SE em um gradiente contínuo, que embora seja bastante útil para visualização das diferenças no nível de oferta dificulta o estabelecimento de limites físicos para aplicação de políticas públicas. Por isso, para identificação das regiões prioritárias adotou-se como unidade mínima as sub-bacias delimitadas no Plano Diretor de Drenagem de Belo Horizonte (Figura 49).

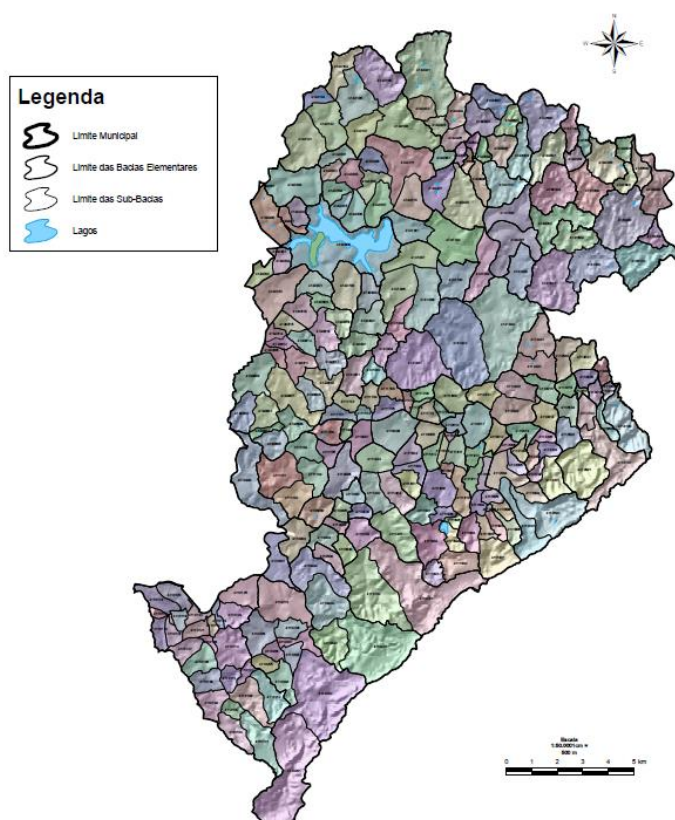


Figura 49: Sub-bacias de Belo Horizonte conforme o Plano Diretor de Drenagem Municipal

Fonte: Plano Municipal de Saneamento, 2019

A adoção dessa unidade levou em conta o nível de detalhamento necessário para compreensão dos contrastes intraurbanos, mas sem dispensar o princípio fundamental da parcimônia quando da elaboração do modelo. Tais limites fazem parte da rotina de planejamento do município, e são perceptíveis na paisagem urbana, mais próximos dos naturais, e não somente imaginários, como seriam limites de bairros ou regionais.

Como os valores atribuído pela Matriz são categóricos, isto é, não possuem valor comparativo de intensidade, foi necessário analisar as classes de interesse separadamente. Além da classe de carência ambiental, que reflete o objetivo deste trabalho em estabelecer áreas prioritárias para Programa de PSA, de forma complementar, foram avaliadas as prioridades para programas específicos de preservação e conservação (Regiões de Alta Qualidade Ambiental) e de criação de vínculos da população aos SE ofertados em áreas vizinhas, podendo ser através de incentivos ou outros tipos de ações (Regiões de Desequilíbrio Socioambiental.).

Cada uma das camadas foi sobreposta ao mapa de sub-bacias hidrográficas de Belo Horizonte, e foram calculadas as estatísticas por unidade de análise, de forma a estabelecer o percentual da categoria por unidade territorial de gestão. Esse percentual indica o que foi denominado Índice de Priorização de Política para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (IPPDUS). Estabeleceu-se assim três indicadores, explicados a seguir.

5.1 IPPDUS- PSA

Indicador que varia de 0 a 1, calculado a partir da relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Carência Socioambiental e sua área total. Reflete o nível de demanda de ações para fomentar a oferta de SE, reduzir a pobreza e melhorar a qualidade de vida dos moradores e, por isso, quanto maior, maior a prioridade para implantação de Programa de PSA que atuem nessa necessidade. A Figura 50 mostra a distribuição do IPPDUS – PSA no território de Belo Horizonte.

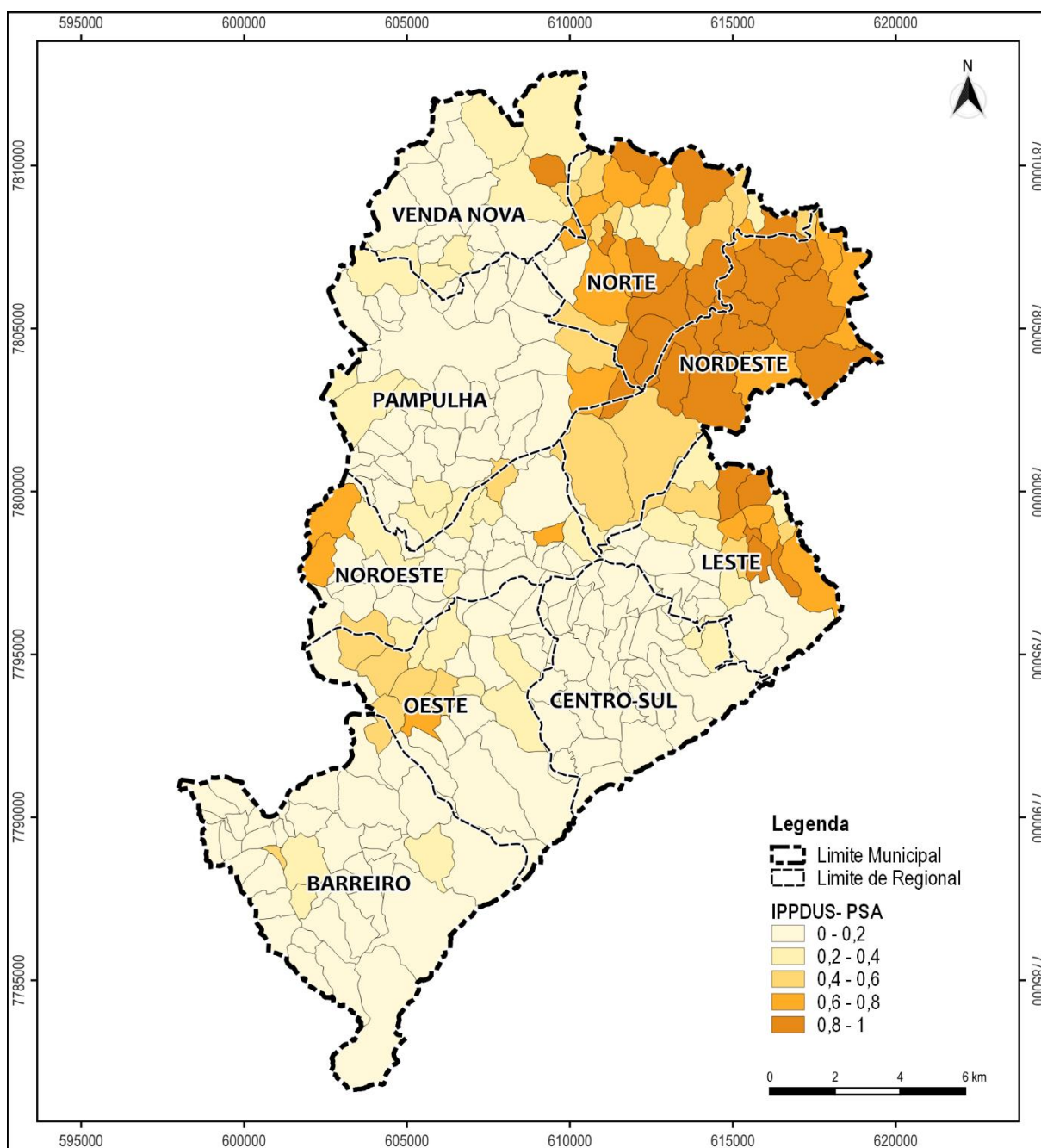


Figura 50: IPPDUS-PSA por sub-bacia hidrográfica em Belo Horizonte

Fonte: elaborada pela autora

As regiões com os maiores indicadores (de 0,8 a 1), e, portanto, prioritárias, se concentram nas regionais norte e nordeste do município. A maior parte delas integra a área de contribuição dos ribeirões do Onça e Isidoro, além de trechos de contribuição direta do Rio das Velhas, como mostra a tabela seguinte.

Tabela 9: Sub-bacias prioritárias para implantação de programa de PSA

Nome da sub-bacia	Bacia de contribuição	IPPDUS-PSA
Córrego Cebola	Ribeirão da Onça	0,995
Córrego Itaituba	Ribeirão Arrudas	0,982
Córrego dos Macacos	Ribeirão do Isidoro	0,974
Córrego Freitas (Av. Sta. Tereza)	Ribeirão Arrudas	0,964
Ribeirão Arrudas		0,958
Córrego sem Nome		0,958
Ribeirão da Onça	Ribeirão da Onça	0,946
Córrego Gorduras - Av. Belmonte		0,937
Córrego Itaituba	Ribeirão Arrudas	0,92
Córrego São José	Rio das Velhas	0,917
Córrego Açudinho (Av. Saramenha)	Ribeirão da Onça	0,913
Córrego Fazenda Velha	Ribeirão do Isidoro	0,907
Ribeirão da Onça	Ribeirão da Onça	0,9
Córrego do Espia	Rio das Velhas	0,864
Ribeirão do Isidoro	Ribeirão do Isidoro	0,861
Ribeirão Arrudas	Ribeirão Arrudas	0,86
Ribeirão Pampulha		0,849
Córrego Gorduras - Av. Belmonte	Ribeirão da Onça	0,846
Ribeirão da Onça		0,837
Córrego da Terra Vermelha	Ribeirão do Isidoro	0,821
Córrego Sem Nome		0,811
Ribeirão da Onça	Ribeirão da Onça	0,807
Córrego do Taquaril (Av. Jequitinhonha)	Ribeirão Arrudas	0,803
Córrego Floresta	Ribeirão do Isidoro	0,8
	Ribeirão da Onça	
	Ribeirão Arrudas	
	Ribeirão do Isidoro	
	Rio das Velhas	

Fonte: elaborada pela autora

A figura seguinte apresenta um trecho da área prioritária, abrangendo os bairros Ribeiro de Abreu, Novo Aarão Reis e Tupi, destacando elementos com potencial para melhoria na oferta de SE e exemplos de intervenções voltadas para melhoria da qualidade ambiental.

Ribeirão da Onça:

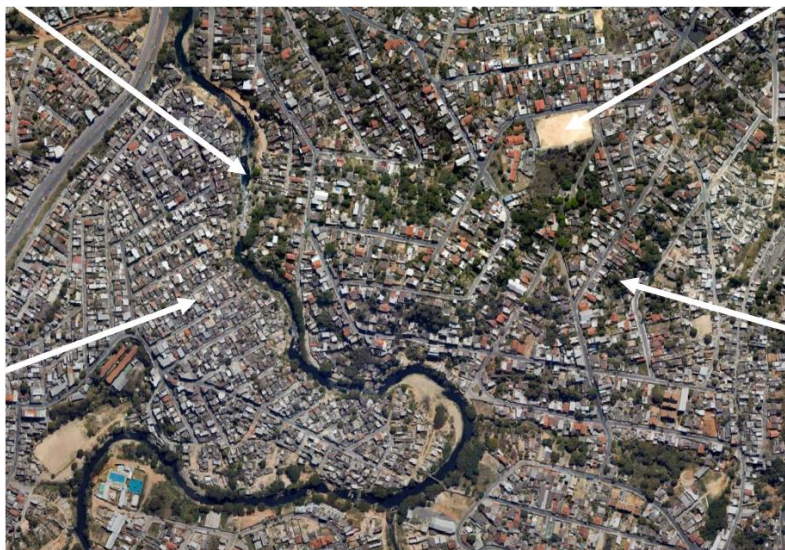
Potencial para implantação de parque linear, tratamento das margens e integração com espaços de lazer e cultura.

Aumento na oferta de SE de regulação e culturais.

Vias não arborizadas:

Potencial para incentivo ao plantio individual nas calçadas.

Aumento na oferta de SE de regulação e culturais.

**Campos de futebol vizinhos a áreas verdes:**

Potencial para incentivos à integração e uso compartilhado de lazer.

Aumento na oferta de SE culturais.

Quintais arborizados:

Potencial para incentivos à manutenção de vegetação e área permeável.

Aumento na oferta de SE de regulação.

Figura 51: Exemplos de locais nas áreas prioritárias para implantação de PSA com potencial para aplicação de políticas públicas

Fonte: elaborada pela autora

5.2 IPPDUS- Conservação

Indicador que varia de 0 a 1, calculado a partir da relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Alta Qualidade Ambiental e sua área total. Reflete a presença de elementos relevantes para a preservação e conservação ambiental e que contribuem fortemente para a oferta de SE no município, mas que se encontram em regiões bem servidas de infraestrutura urbana e instrumentos de proteção, que devem ser mantidos e fortalecidos. A figura seguinte mostra a distribuição do IPPDUS – Conservação no território de Belo Horizonte.

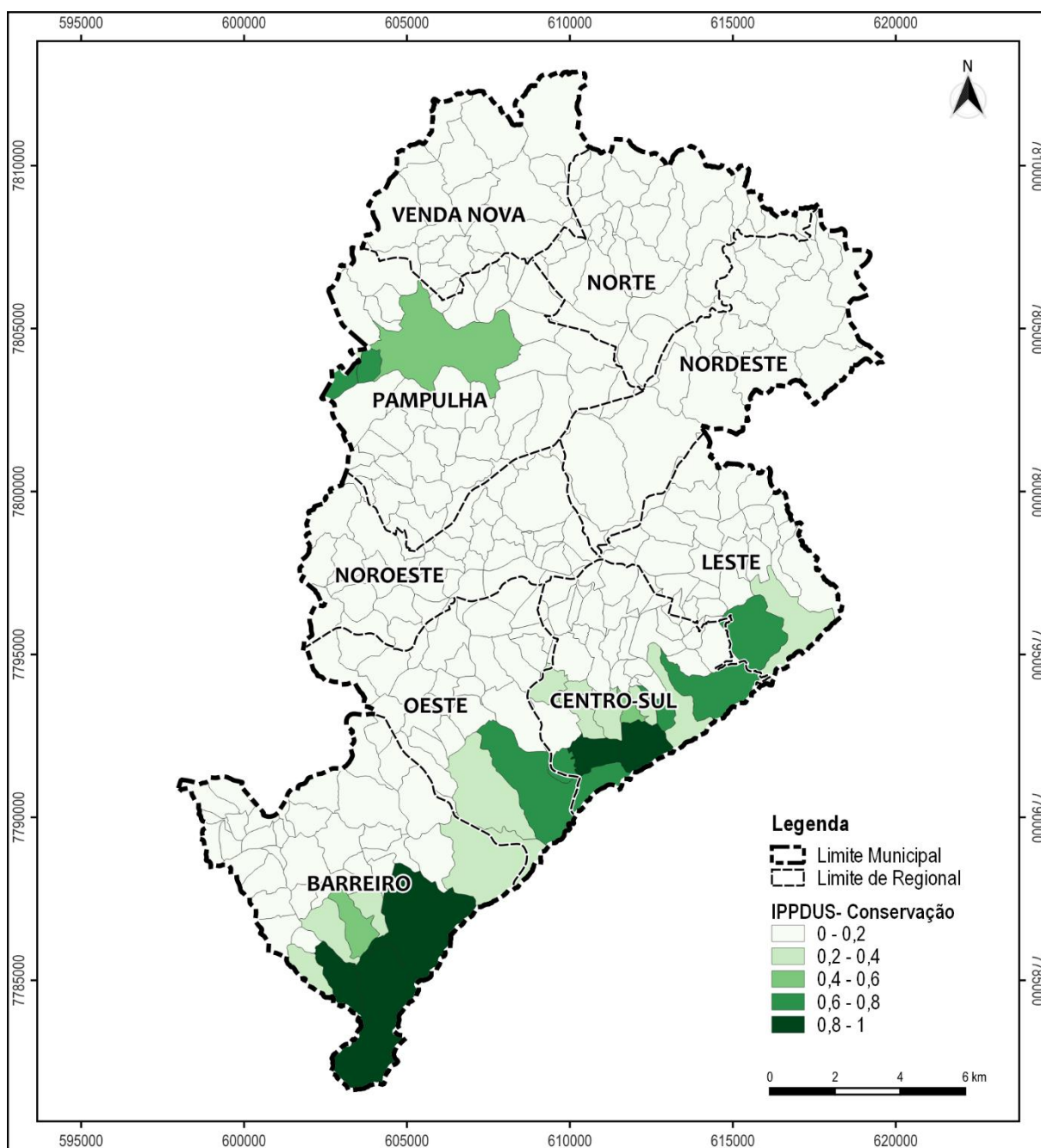


Figura 52: IPPDUS-Conservação nas sub-bacias de Belo Horizonte

Os altos índices ocorrem na Pampulha e na Serra do Curral, regiões em que a presença de Parques, Praças e áreas verdes protegidas são mais expressivas no município. Como já comentado no mapeamento da oferta, essas também são áreas em que a preservação se dá por dispositivos ambientais, de patrimônio e de regulação urbana associados, que garante maior conservação dos atributos ambientais ali presentes.

O fato de as áreas coincidentes com esses dois pontos serem ocupadas principalmente por áreas de baixa demanda por Serviços Ambientais, que conjuga pessoas de maior renda,

educação, acesso a trabalho entre outros definidores de qualidade de vida demonstra claramente a lógica de segregação descrita por Castells (1975), Silva (2013) e Acsegrad (2015). A natureza confere valor à terra, que passa a ser inacessível aqueles que não possuem capital para adquiri-la. Há poucas exceções a esse processo, simbolizadas pelo terceiro indicador.

A tabela abaixo mostra as sub-bacias com indicadores na categoria muito alta. Todas contribuem para o ribeirão Arrudas e fazem parte da encosta da Serra do Curral. Destaca-se a sub-bacia do córrego Barreiro, que apresenta índice máximo de prioridade para preservação, o que resulta da sua função de manancial agregada às altas altitudes e vegetação arbórea dominante.

Tabela 10: Sub-bacias prioritárias para conservação

Nome da sub-bacia	Bacia de contribuição	IPPDUS-Conservação
Ribeirão Barreiro	Ribeirão Arrudas	1
Ribeirão Barreiro		0,975
Córrego do Jatobá		0,883
Córrego do Leitão		0,877
Córrego Acaba Mundo		0,848

Fonte: elaborada pela autora

5.3 IPPDUS- Vínculos

Indicador que varia de 0 a 1, calculado a partir da relação entre a área da sub-bacia ocupada por áreas identificadas como de Desequilíbrio Ambiental e sua área total. Reflete a presença de elementos relevantes para a preservação e conservação ambiental, que contribuem fortemente para a oferta de SE no município, e que encontram em regiões habitadas por população em situação de vulnerabilidade socioambiental. Altos indicadores correspondem a necessidade de programa de criação de vínculos entre os moradores e o capital natural no território, de forma a dar acesso aos benefícios gerados. A figura seguinte mostra a distribuição do IPPDUS – Vínculos no território de Belo Horizonte.

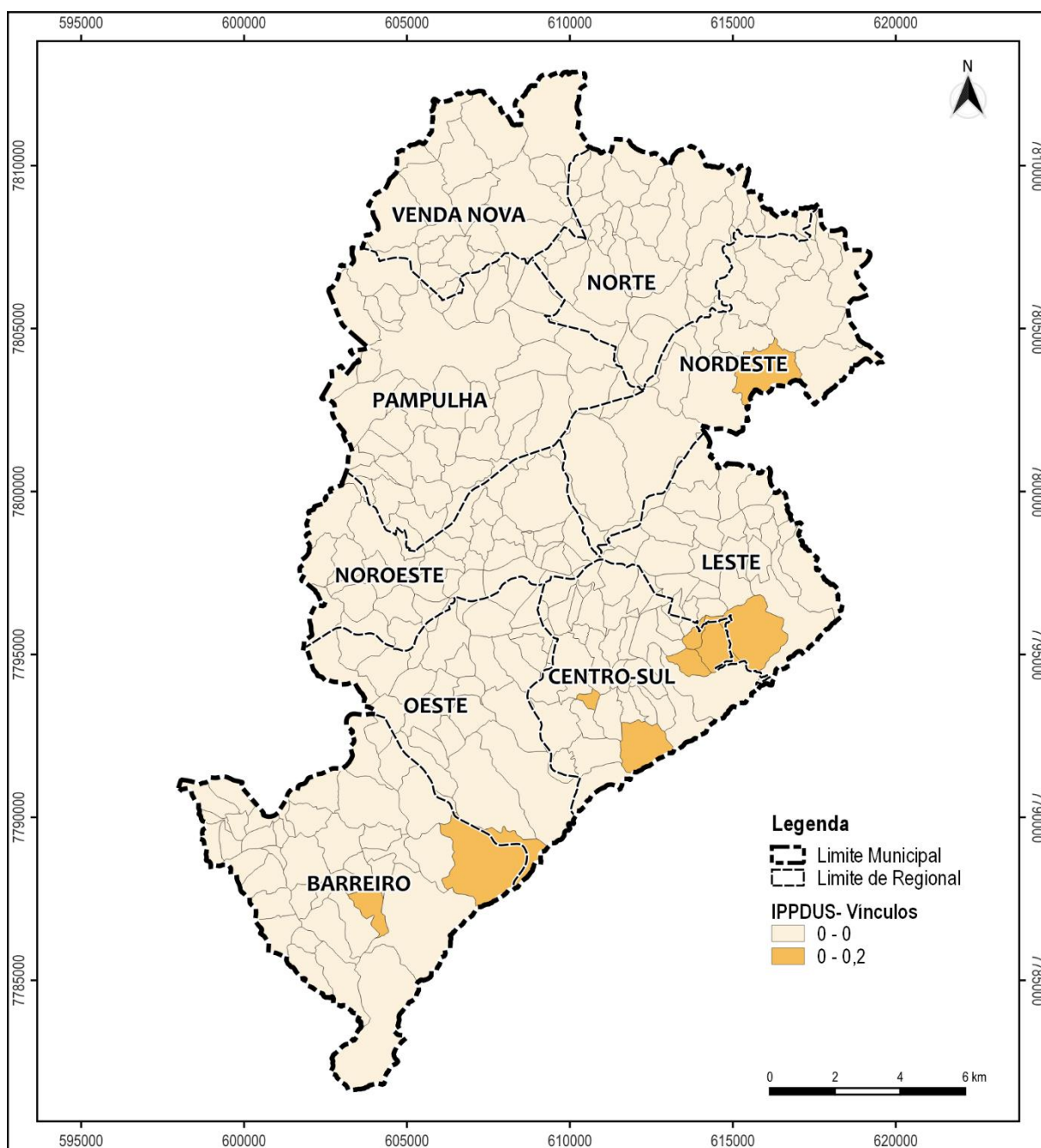


Figura 53: IPPDUS-Vínculos nas sub-bacias de Belo Horizonte

Como já comentado, em um cenário em que a organização urbana reflete a lógica do capital e que espaços com alta oferta de serviços se tornam produtos imobiliários, a situações de coincidência de alta oferta de SE e alta demanda por Serviços Ambientais são raras. Isso fica bastante explícito nos resultados do modelo.

Apenas nove sub-bacias apresentaram indicador diferente de zero, todas elas com presença de vilas e favelas e/ou áreas especiais de interesse social.

Tabela 11: Sub-bacias prioritárias para criação de vínculos entre a população e os atributos ambientais

Nome da sub-bacia	Bacia de contribuição	IPPDUS-Vínculos
Ribeirão Bonsucesso	Ribeirão Arrudas	0,132
Ribeirão Barreiro		0,016
Córrego da Serra		0,015
Córrego do Leitão		0,015
Córrego Acaba Mundo		0,005
Córrego do Navio (Av. Belém)		0,002
Córrego da Av. Men de Sá (Córrego do Cardoso)		0,001
Córrego da Av. Men de Sá (Córrego do Cardoso)		0,001
Córrego Gorduras - Av. Belmonte	Ribeirão da Onça	0,001
	Ribeirão da Onça	
		Ribeirão Arrudas

Nesses locais é importante que as políticas ambientais estejam associadas a criação de vínculos entre os moradores e os atributos ambientais ali presentes. São locais em que predominam a autoconstrução e a gestão informal dos territórios, onde a preservação ambiental depende da conscientização. Araújo, Moura e Nogueira (2022) destacam a importância da coesão da comunidade e do desenvolvimento social para que os moradores tomem decisões responsáveis sobre seu território.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada neste trabalho permitiu identificar e avaliar a oferta de Serviços Ecossistêmicos e a demanda por Serviços Ambientais em Belo Horizonte, bem como compará-las para estabelecimento de regiões prioritárias para aplicação de políticas públicas de PSA voltadas para preservação ambiental e redução da desigualdade socioambiental no município.

A utilização de *proxies* ambientais para avaliação da oferta se mostrou adequada, porém é importante ressaltar que Belo Horizonte possui uma infraestrutura de dados espaciais bastante estruturada, sendo possível obter mapeamentos diversos em escala compatível com os objetivos desse trabalho. Essa não é a realidade da maior parte dos municípios brasileiros, o que é um desafio para replicabilidade do modelo, que demandaria adaptações na seleção de variáveis. Já para avaliação da demanda priorizou-se o uso de dados do IBGE e do IPEA, que podem ser obtidos para qualquer município brasileiro nas plataformas digitais dos órgãos.

Os resultados mostram que as regiões de maior oferta de SE no município se encontram no alinhamento montanhoso da Serra do Curral e no entorno da Lagoa da

Pampulha. São regiões bastante simbólicas para a cidade e que possuem diversos instrumentos de proteção que potencializam essa oferta. Apesar disso, iniciativas mercadológicas como implantação de plantas minerárias e empreendimentos imobiliários frequentemente aparecem como ameaças. É necessário, portanto, manter e fortalecer esses instrumentos, pois os benefícios ali gerados se estendem para várias partes da cidade. Tendo em vista as relações espaciais entre oferta e consumo de SE (FISHER, TURNER e MORLING, 2009), serviços como controle de erosão e inundações se estendem para toda a área a jusante (direcionais) e qualidade do ar e regulação do clima são consumidos na paisagem do entorno, sem viés direcional (omnidirecional).

Em relação à demanda, as regiões que mais necessitam de incentivos para a preservação ambiental se concentram nas periferias norte e nordeste do município. São locais com predomínio de ocupação irregular, com problemas de saneamento, regularização fundiária e acesso a oportunidades de trabalho.

As regiões com maior carência socioambiental, ou seja, baixa oferta e alta demanda, foram definidas como prioritárias para implantação de PSA. A dimensão da mancha identificada nessa categoria demonstra o processo de reforço à injustiça ambiental no território Belo Horizontino, ao passo que há uma concentração de locais com essas características, constituindo-se zonas homogêneas onde o acesso a bens e serviços, mas também aos benefícios providos pela natureza é restrito. Fica evidente, portanto, a necessidade de implantação de políticas públicas urbanísticas e ambientais integradas para reversão desse processo.

Essas áreas são predominantemente ocupadas por edificações e infraestrutura urbana, o que, partindo da visão de cidade como um ecossistema, não significa a inexistência de elementos relevantes para maximização da oferta de SE e melhoria da qualidade vida a partir de programas de PSA. Iniciativas voltadas para manutenção de quintais vegetados, controle de ocupação em áreas de risco, integração de áreas verdes com espaços de lazer e cultura, arborização urbana e criação de vínculos com corpos d'água se mostram bastante aderentes à realidade do local.

Ainda que não seja objetivo deste trabalho apontar a forma de implementação dos programas de PSA e demais políticas públicas sugeridas. Indica-se estudar a possibilidade de incorporá-las a instrumentos já previstos no Plano Diretor e programas em curso, como por

exemplo os Planos Globais Específicos (PGE) para vilas e favelas e Planos de Regularização Urbanística (PRU) para loteamentos irregulares. O direcionamento de compensações ambientais advindas dos processos de licenciamento ambiental e urbanístico também se apresenta como uma alternativa possível. Tais propostas podem ser integradas às propostas de corredores verdes e de fundo de vale previstas no Plano Diretor Municipal, constituindo um SAV com gestão compartilhada com os beneficiários do PSA.

Cabe destacar que embora a gestão municipal se limite ao território de Belo Horizonte, motivo pelo qual esta pesquisa utilizou essa área como recorte, os resultados mostram que as áreas prioritárias para aplicação de PSA estão majoritariamente nas periferias. Tendo em vista o processo de conurbação visível na RMBH, fica nítida a necessidade de integração das políticas ambientais entre os municípios. Sugere-se, como diretriz para pesquisas futuras, a replicação deste modelo nos municípios vizinhos para definição de prioridades metropolitanas.

Conclui-se, ao final desta pesquisa, que os objetivos apontados foram cumpridos. O modelo criado permitiu avaliar a oferta e demanda, definir áreas prioritárias e fornecer subsídios para gestores públicos. É importante mencionar que embora este trabalho tenha foco nas políticas de PSA como uma forma de contribuir para o Desenvolvimento Urbano Sustentável, a lógica aplicada para definição das áreas prioritárias pode ser reproduzida para auxiliar na tomada de decisões para outras iniciativas de cunho urbanístico e socioambiental, como o ZAM, por exemplo.

Por fim, indica-se para pesquisas futuras, a exploração de possibilidades de mapeamentos de oferta de SE colaborativos, a partir do engajamento e participação da população. A formulação de estratégias de mapeamento utilizando-se de metodologias mais participativas, além de tornar o processo mais democrático, poderia cobrir a lacuna de dados secundários em municípios menos estruturados em termos de dados geográficos.

Outro aspecto relevante para avaliação em novos estudos é a discussão do modelo e resultados com atores da política urbana municipal, de forma a identificar possibilidades de investimentos e parcerias, diretrizes para implementação dos programas, e integração com os instrumentos previstos na legislação atual, sobretudo aqueles listados na Política Nacional de PSA.

7 REFERÊNCIAS

ABREU, I. D. S. Biopolitica e racismo ambiental no Brasil: a exclusão ambiental dos cidadãos. **Opinión Jurídica**, Medellín, 1 Julho 2013. 87-99. Disponível em: <<https://revistas.udem.edu.co/index.php/opinion/article/view/723/664>>. Acesso em: 19 Maio 2022.

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade social, conflitos ambientais e regulação urbana. **O Social em Questão**, Março 2015. 57-68.

ALMEIDA, M. R. R. E.; SILVA, R. F.; SANTOS, A. C. D. Análise do Potencial de Implantação de Projetos de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) na Região de Uberlândia. **HOLOS**, 03 dez. 2019. 1-17. Disponível em: <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2533>>. Acesso em: 25 Maio 2022.

ALTMANN, A. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS: ASPECTOS JURÍDICOS PARA A SUA APLICAÇÃO NO BRASIL, 2010. Disponível em: <http://www.planetaverde.org/arquivos/biblioteca/arquivo_20131031141425_2097.pdf>. Acesso em: 24 abril 2022.

AMARAL, R. D. **A prestação de serviços ecossistêmicos e a dinâmica de estoque de dióxido de carbono no Sistema de Espaços Livres do Município de Belo Horizonte: estudo de caso na Regional Centro-Sul**. Escola de Arquitetura da UFMG. Belo Horizonte, p. 186. 2015.

ARAÚJO, R. P. Z. D.; MOURA, A. C. M.; NOGUEIRA, T. D. A. Creating Collaborative Environments for the Development of Slum Upgrading and Illegal Settlement Regularization Plans in Belo Horizonte, Brazil. In: SILVA, C. N. **Trends and Innovations in Urban E-Planning**. Hershey, PA: IGI Global, 2022. Cap. 5, p. 86-112.

ARAÚJO, R. P. Z. D.; PINHEIRO, C. B. **Reflexões Acerca das Intervenções Integradas na Gestão das Águas Urbanas em Belo Horizonte**. XVI ENANPUR: Espaço, Planejamento e Insurgências - Anais ST 4 Natureza, reprodução social e bens comuns. Belo Horizonte: [s.n.]. 2017. p. 3.

ARAÚJO, R. P. Z.; CAMPANTE, A. L. G.; PINHEIRO, C. B. **Diálogos para uma Política Nacional de Desenvolvimento Urbano: Questão Ambiental e Climática Na PNDU: A sustentabilidade Ambiental e o Desafio Climático para o Desenvolvimento Urbano.** [S.l.]: [s.n.]. 2021.

ASSIS, W. L. **O sistema clima urbano do município de Belo Horizonte na perspectiva têmporo-espacial.** Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 2010. 2010.

BACHI, L. M. G. S. **Paisagem e Turismo: Mapeamento e Modelagem dos Serviços Ecosistêmicos Culturais do distrito de Monte Verde, em Camanducaia/MG.** Instituto de Geociências da UFMG. Belo Horizonte, p. 165. 2018.

BARRETO, A. **Belo Horizonte: memória histórica e descritiva.** Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1996.

BELO HORIZONTE. **Lei nº 11.181, de 8 de agosto de 2019 - Aprova o Plano Diretor do Município de Belo Horizonte e dá outras providências.** Belo Horizonte. 2019.

BELOTUR. **Plano Estratégico de Turismo de Belo Horizonte - 2023/2027.** Empresa Municipal de Turismo de Belo Horizonte S.A. – BELOTUR. Belo Horizonte, p. 43. 2023.

BOTELHO, T. **Goiânia: Cidade Pensada.** Goiânia: Editora da UFG, 2002.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; GUIOMAR, N. PADRÕES DA PAISAGEM. In: RIBEIRO, S. M. C., et al. **Ecologia da paisagem no contexto luso brasileiro.** [S.l.]: Appris, v. I, 2021. Cap. 2.3, p. 267.

BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; RIBEIRO, S. C. ANÁLISE DE PADRÕES. In: RIBEIRO, S. M. C., et al. **Ecologia da paisagem no contexto luso brasileiro.** [S.l.]: Appris, v. I, 2021. Cap. 3.1, p. 267.

BRASIL. Serviços ecossistêmicos. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#fun%C3%A7%C3%B5es-dos-ecossistemas>>. Acesso em: 23 dez. 2020.

BRASIL. Serviços ecossistêmicos. **Ministério do Meio Ambiente**, 2020. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#fun%C3%A7%C3%B5es-dos-ecossistemas>>. Acesso em: 11 Set. 2020.

BRASIL. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021**: Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973. Brasília: [s.n.]. 2021.

BRENNER, N. **Espaços da urbanização**: o urbano a partir da teoria crítica. Rio de Janeiro: Ltra Capital / Observatório das Metrôpoles, 2018. 356 p.

CAMPANTE, A. L. G. et al. **Estratégia de Preservação, Articulação e Recuperação de Áreas Verdes baseada na estruturação de um Sistema de Áreas Verdes para Anápolis/GO - Produto 2 - Diagnóstico**. Práxis Projetos e Consultori Ltda. / GIZ. Brasília. 2020.

CARBONE, A. S. et al. Ecosystem Services In Integrated Planning Of The Metropolitan Territory: Supply, Demand And Pressure On Water Provision In The Metropolitan Region Of Curitiba. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, Setembro 2020. 381-400.

CARVALHO, E. T. D. **Geologia urbana para todos**: uma visão de Belo Horizonte. Belo Horizonte: [s.n.], 1999.

CASTELLS, M. **A Questão Urbana**. São Paulo: Paz e Terra, 1975. 590 p. ISBN 9788521903277.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. [S.l.]: Blucher, 1999.

CONSTANZA, R. Ecological Economics: A Research Agenda. **Structural Change and Economic Dynamics**, Oxford, 1991. 335-357. Disponível em: <http://www.robertcostanza.com/wp-content/uploads/2017/02/1991_J_Costanza_EE_ResearchAgenda.pdf>. Acesso em: 25 Maio 2022.

COSTA, H. S. D. M. Desenvolvimento urbano sustentável: uma contradição de termos? **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 2, p. 55-71, 2000.

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. **Atlas da vulnerabilidade social nas regiões metropolitanas brasileiras**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília, p. 240. 2015. (ISBN: 978-85-7811-254-7).

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. Brasília, p. 77. 2015. (ISBN: 978-85-7811-255-4).

COSTA, S. A. P. et al. Os Espaços Livres Na Paisagem De Belo Horizonte. **Paisagem Ambiente: ensaios**, São Paulo, 2009. 51-72.

DAVENPORT, T. H. **Ecologia da informação**: Por que só a tecnologia não basta para o sucesso na era da informação? São Paulo: Futura, 1998.

DAVIS, K. **Cidades**: a urbanização da humanidade. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

DE GROOT, R. S. et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, 20 Novembro 2010. 260-272.

DINIZ, J. P. F. D. A Climatoterapia e o tratamento sanatorial. A busca pelo tratamento da tuberculose em Belo Horizonte – MG (1920-1950). **Contraponto - Revista do Departamento de História e do Programa de Pós-Graduação em História do Brasil da UFPI**, Teresina, 2021.

DUARTE, R. H. À sombra dos fícus: cidade e natureza em Belo Horizonte. **Ambiente & Sociedade**, 2007. 25-44. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2007000200003>>. Acesso em: 16 Junho 2022.

EIGENBROD, F. et al. The impact of proxy-based methods on mapping the distribution of ecosystem services. **Journal of Applied Ecology**, 2010. 377-385. Disponível em: <<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2664.2010.01777.x>>. Acesso em: 25 Maio 2022.

FARLEY, J. et al. Extending market allocation to ecosystem services: moral and practical implications on a full and unequal planet. **Ecological Economics**, 2015. 244–252. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921800914002018?via%3Dihub>>.

Acesso em: 24 Março 2022.

FARLEY, J.; COSTANZA, R. Payments for ecosystem services: From local to global. **Ecological Economics**, 6 Julho 2010. 2060-2068. Disponível em: <https://www.uvm.edu/giee/pubpdfs/Farley_2010a_Ecological_Economics.pdf>. Acesso em: 25 Maio 2022.

FELIPE, S. ANTROPOCENTRISMO, SENCIENTISMO E BIOCENETRISMO: Perspectivas éticas abolicionistas, bem-estaristas e conservadoras e o estatuto de animais não-humanos. **Revista Páginas de Filosofia**, Lisboa, 2009. 2-29.

FGVCES. **Diretrizes empresariais para a valoração econômica de serviços ecossistêmicos**. São Paulo: FGVces/EAESP-FGV, 2019. 102 p.

FISHER, B.; TURNER, R. K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, 2009. 643-653. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800908004424>>. Acesso em: 22 Abril 2022.

FOLLADOR, M. et al. **Análise de Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas do Município de Belo Horizonte**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, Way Carbon. Belo Horizonte, p. 107. 2016.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Panorama de Belo Horizonte: atlas histórico**. Belo Horizonte: Centro de Estudos Históricos e Culturais, 1997.

GIZ; MDR. **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. INSTITUTO PÓLIS. Brasília, p. 553. 2022.

GVCES. **Diretrizes Empresariais para Valoração Não Econômica de Serviços Ecossistêmicos Culturais**. Centro de Estudos em Sustentabilidade da Escola de Administração de Empresas de São Paulo da Fundação Getulio Vargas. São Paulo, p. 54. 2016.

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M. B. **Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure**. European Environment Agency. Nottingham, UK, p. 53. 2018.

HERCULANO, S. O Clamor por Justiça Ambiental e Contra o Racismo Ambiental. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente** -, São Paulo, abril 2008. 1-20. Disponível em: <https://journaldatabase.info/articles/clamor_por_justica_ambiental_contra.html>. Acesso em: 19 Maio 2022.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e Resiliência para a Paisagem Urbana. **Revista LABVerde**, 2010. 92-115.

HOUER. **Avaliação do Capital Natural – Complexo Itabira - Diagnóstico das Áreas de Conservação Privadas**. Vale. Itabira, p. 437. 2020.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD. **IBGE**, 2016. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/educacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 23 dez 2020.

IEPHA; PRÁXIS. **Dossiê de Tombamento da Serra do Curral**. Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 1628. 2020.

INSTITUTO PÓLIS. **Guia para Elaboração e Revisão de Planos Diretores**. MDR; GIZ no Brasil. Brasília, p. 553. 2022.

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]**, 2015. 353-360. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000106299>>. Acesso em: 13 Janeiro 2023.

JOLY, C. A. et al. **1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, 2019. ISBN 978-85-60064-88-5. Disponível em: <<https://doi.org/10.4322/978-85-60064-88-5>>. Acesso em: 10 Março 2022.

KLUTHCOVSKY, A. C. G. C.; TAKAYANAGUI, A. M. M. Qualidade de vida – Aspectos conceituais. **Revista Salus**, Guarapuava, Junho 2007. 13-15.

KOSOY, N.; CORBERA, E. Payments for ecosystem services as commodity fetishism. **Ecological Economics**, 16 Dezembro 2009. 1228-1236.

LEFEBVRE, H. **A Revolução Urbana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1999.

LIMA JR., A. D. História da Fundação de Belo Horizonte. **Revista de História e Arte**, Belo Horizonte, 1964. 1-13.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia**, Junho 2014. 264-272.

LUCAS, D. F.; FONSECA, B. M. identificação do potencial de expansão de atividades antrópicas e preservação ambiental e avaliação de conflitos de interesses na área de entorno da UHE Itutinga (Minas Gerais). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 2, p. 018-030, Agosto 2021. ISSN: 2675-5491. Disponível em: <<https://rbsr.com.br/index.php/RBSR/article/download/58/35>>. Acesso em: 16 Junho 2022.

MAGALHÃES, D. M. D. **Análise dos Espaços Verdes Remanescentes na Mancha Urbana Conurbada de Belo Horizonte-MG Apoiada por Métricas de Paisagem**. IGC/UFMG. Belo Horizonte, p. 163. 2013.

MARGUTI, B. O.; SANTOS, R. M. D. Avaliação Continuada da Vulnerabilidade Social no Brasil: Impressões e Primeiros Resultados do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) 2016-2017. **gional, urbano e ambient**, jul 2019. 117-124.

MARTINELLI, L. A.; FILOSO, S. Balance between food production, biodiversity and. **Biota Neotropica**, 2009. 21-25. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1676-06032009000400001>>. Acesso em: 22 Março 2022.

MARTÍNEZ-HARMS, M. J.; BALVANERA, P. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. **International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management**, Junho 2012. 17-25. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/21513732.2012.663792>>. Acesso em: 26 Maio 2022.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. MEA Council. Whashington, DC. 2005.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Washington. DC: MEA Council, 2005. 57 p. Disponível em: <<https://www.millenniumassessment.org/documents/document.446.aspx.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2020.

MONTE-MÓR, R. L. D. M. **O que é o urbano, no mundo contemporâneo**. UFMG/Cedeplar. Belo Horizonte, p. 14. 2006. (M777q).

MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. L. Contribuições aos estudos de análises de incertezas comocomplementação às análises multicritérios -“Sensitivity Analysis to Suitability Evaluation”. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 68, p. 665-684, 2016. ISSN ISSN: 1808-0936. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44274>>. Acesso em: 24 Janeiro 2021.

NEWCOMER-JOHNSON, T. et al. **National Ecosystem Services Classification System (NESCS) Plus**. U.S. Environmental Protection Agency. EPA. [S.l.], p. 130. 2020. (EPA/600/R-20/267).

NUSDEO, A. M. D. O. Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais | Meio Ambiente ao Meio-Dia | CDA | OAB/RS. **Youtube**, 2021. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=V6a8rzqkXiE>>. Acesso em: 23 Janeiro 2022.

OLIVEIRA, A. M.; COSTA, H. S. D. M. A trama verde e azul no planejamento territorial: aproximações e distanciamentos. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos Regionais**, São Paulo, 2018. 5-38-555. Disponível em: <<https://rbeur.anpur.org.br/rbeur/article/view/5663>>. Acesso em: 04 Maio 2022.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. **Nações Unidas Brasil**, 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 8 Janeiro 2023.

ONU. **Nova Agenda Urbana - Português**. Organização das Nações Unidas. Quito, p. 66. 2019.

PAGIOLA, S.; ARCENAS, A.; PLATAIS, G. Can Payments for Environmental Services Help Reduce Poverty? An Exploration of the Issues and the Evidence to Date from Latin America. **World Development**, 2005. 237-253.

PARRON, L. M. et al. Research on ecosystem services in Brazil: a systematic review. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, 14, Mar. 2019. 171-15. Disponível em: <<https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2263>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

PEREIRA, P. H. Projeto Conservador das Águas - Extrema. In: PAGIOLA, S.; VON GLEHN, H. C.; TAFFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. p. 29-42. ISBN ISBN - 978-85-8156-009-0. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/66550492/Experincias_de_Pagamentos_por_Servios_Am20210422-8081-968tza.pdf?1619114268=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DExperincias_de_pagamentos_por_servicos.pdf&Expires=1673629561&Signature=ALdi8SKi>. Acesso em: 13 Janeiro 2023.

PIMENTA, L. B. et al. Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais. **Interações**, Campo Grande, junho 2019. 407-420. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.20435/inter.v20i2.1856>>. Acesso em: 01 Maio 2022.

PINHEIRO, C. B. **Políticas públicas de manejo de águas pluviais em Belo Horizonte: novos caminhos em meio a velhas práticas**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG. Belo Horizonte, p. 291. 2019.

PINTO, D. G.; COSTA, M. A.; MARQUES, M. L. D. A. **O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal brasileiro**. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO – PNUD; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. Brasília, p. 96. 2013. (ISBN: 978-85-7811-171-7).

RAMOS, A. P. M. et al. AVALIAÇÃO QUALITATIVA E QUANTITATIVA DE MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE DADOS PARA OMAPEAMENTO COROPLÉTICO. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, Abril 2016. 609-629.

REIS, P. E. et al. O ESCOAMENTO SUPERFICIAL COMO CONDICIONANTE DE INUNDAÇÕES EM BELO HORIZONTE, MG: ESTUDO DE CASO DA SUB-BACIA

CÓRREGO DO LEITÃO, BACIA DO RIBEIRÃO ARRUDAS. **Geociências**, São Paulo, 28 Junho 2012. 31-46.

RENNER, I.; EMERTON, L.; KOSMUS, M. **Integração de Serviços Ecossistêmicos ao Planejamento do Desenvolvimento - Uma abordagem passo-a-passo para profissionais**. Bonn e Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2019.

RIBEIRO, S. C. et al. Placing land cover pattern preferences on the map: Bridging methodological approaches of landscape preference surveys and spatial pattern analysis. **Landscape and Urban Planning**, 2013. 53-68. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204613000406>>. Acesso em: 25 Maio 2022.

RIBEIRO, S. M. C. A Abordagem da Paisagem. In: RIBEIRO, S. M. C., et al. **Ecologia da Paisagem no Contexto Luso-Brasileiro**. Curitiba: Appris, v. I, 2021. Cap. 2.7, p. 429.

RICHARDS, R. C. et al. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem Services**, 2015. 23-32. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300267>>. Acesso em: 21 Abril 2022.

RODRIGUES, L. D. O. Identidade cultural. **Brasil Escola - Sociologia**, 2019. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/sociologia/identidade-cultural.htm>>. Acesso em: 20 Fevereiro 2023.

SCHULER, H. R.; RUHBERG, K. **Mapeamento de Serviços Ecossistêmicos no Território - Cartilha metodológica segundo a experiência de Duque de Caxias – RJ**. GIZ – Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH. Brasília, p. 64. 2018.

SCHUMANN, L. R. M. A.; MOURA, L. B. A. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, 2015. 2105-2121.

SECRETARIA MUNICIPAL DE POLÍTICA URBANA. **E-book Plano Diretor de BH - Entenda os principais pontos**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Belo Horizonte, p. 34. 2020.

SEPE, P. M.; PEREIRA, H. M. S. B. **O conceito de Serviços Ambientais e o Novo Plano Diretor de São Paulo: Uma nova abordagem para a Gestão Urbana?** XVI ENANPUR: espaço, Planejamento e Insurgências. Belo Horizonte: [s.n.]. 2015. p. 1-16.

SILVA, A. B. D. et al. **Estudos geológicos, hidrogeológicos, geotécnicos e geoambientais integrados no município de Belo Horizonte: projeto estudos técnicos para o levantamento da carta geológica do município de Belo Horizonte; relatório final.** FUNDEP/UFMG-IGC. Belo Horizonte. 1995.

SILVA, M. M. D. A. **Água em meio urbano, favelas na cabeceira.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 273. 2013.

SILVEIRA, A. C. C.; SILVA, R. H. A. D. Os Espaços de Lazer na Cidade. **Licere**, Belo Horizonte, Setembro 2010. 1-42.

SINGER, P. **Economia política da urbanização; ensaios.** São Paulo: Brasiliense, 1973.

SMMA. **Índice de Qualidade de Nascente - Belo Horizonte/MG - Metodologia.** Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Belo Horizonte, p. 4. 2021.

SOLERA, M. L. **Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde.** São Paulo: Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2020.

SOUZA, V. V. D. C. D. et al. Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos em áreas urbanas: perspectivas potenciais a partir de um programa de recuperação da qualidade de água na cidade de São Paulo. **Cadernos Metrópole [online]**, 20, n. 42, 2018. 493-512. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2236-9996.2018-4209>>. Acesso em: 21 Abril 2022.

SWYNGEDOUW, E. A Cidade como un Híbrido: Natureza, Sociedade, e "Urbanização-Ciborgue". In: ACSELRAD, H. **A Duração das Cidades – Sustentabilidade e Risco nas Políticas Urbanas.** [S.l.]: DP&A, 2001. p. 99-121.

SYSTRA et al. **Modernização da Mobilidade na RMBH: Uma nova abordagem dos modelos de gestão, operação e de contratação dos serviços.** SEINFRA-MG. Belo Horizonte, p. 27. 2021.

VIANA, C. S. **Caracterização dos Processos Erosivos no Município de Belo Horizonte – Uma contribuição à gestão ambiental e ao planejamento urbano.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 217. 2000.

VIOLA, E. J. A Dinâmica do Ambientalismo e o Processo de Globalização. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, janeiro / junho 1992. 6-12.

WEIDENSAUL, T. C. Are trees efficient air purifiers. **Ohio Rep**, Wooster, 1972.

WUNDER, S. et al. **Pagamentos por serviços ambientais:** perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008. ISBN ISBN 978-85-7738. Disponível em:

<https://antigo.mma.gov.br/estruturas/225/_arquivos/13___psa___perspectivas_na_amaznia_1_egal_225_1.pdf>. Acesso em: 29 Maio 2022.

XAVIER, J. P. D. S. et al. Metodologias de identificação de risco a escorregamentos de terra associadas ao Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), aplicados ao município do Recife. **Revista Ciência & Trópico**, Recife, Abril 2019. 73-86.