

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Nicole Andrade da Rocha

GEOPROCESSAMENTO NA PARAMETRIZAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS:
Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana

Belo Horizonte
2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL AUTOR: nicarocha.jf@gmail.com

FICHA CATALOGRÁFICA

R672g

Rocha, Nicole Andrade da.

Geoprocessamento na parametrização de áreas verdes urbanas [manuscrito] : contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana / Nicole Andrade da Rocha. - 2019.

173 f. : il.

Orientadora: Ana Clara Mourão Moura.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Plano diretor - Teses. 2. Cidades e vilas - Parques - Teses. 4. Participação do cidadão - Teses. I. Moura, Ana Clara Mourão. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 711.42

Ficha catalográfica: Biblioteca Professor Raffaello Berti, Escola de Arquitetura da UFMG.

Nicole Andrade da Rocha

GEOPROCESSAMENTO NA PARAMETRIZAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS:
Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFMG da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Teoria, Produção e Experiência do Espaço

Orientador: Prof. Dra. Ana Clara Mourão Moura

Belo Horizonte

2019

Nicole Andrade da Rocha

GEOPROCESSAMENTO NA PARAMETRIZAÇÃO DE ÁREAS VERDES URBANAS:
Contribuições ao Plano de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana

Tese defendida junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo/ NPGAU da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, e aprovada em 25 de fevereiro de 2019 pela Comissão Examinadora:

Profª. Dra. Ana Clara Mourão Moura (Orientadora-EA-UFMG) Ana clara m. moura

Profª. Dra. Camila Palhares Teixeira (IGC-UFMG) Camila Palhares Teixeira

Prof. Dr. Bráulio Magalhães Fonseca (IGC-UFMG) Bráulio Magalhães Fonseca

Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha (UFJF) César Henrique Barra Rocha

Dra. Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges (Prodabel-PBH) Karla Albuquerque de Vasconcelos Borges

Dedico este trabalho a minha família em especial ao Thiago.

AGRADECIMENTO

À Deus e ao universo por sempre atenderem os meus pedidos e que me fizeram entender que tudo tem seu tempo, lugar e momento, que basta apenas acreditar.

À minha orientadora, professora Ana Clara por ter respondido o e-mail de uma completa estranha que pedia só uma oportunidade e foi prontamente atendida com toda dedicação e respeito, se tornando fonte de minha inspiração na docência. Obrigada também pelo apoio físico e emocional dedicados não só à mim, mas a todos que tem a sorte de estar ao seu lado e por me introduzir ao maravilhoso mundo do geoprocessamento, sem essa ferramenta este trabalho não poderia ser desenvolvido com tanto comprometimento.

À minha família e amigos pelo suporte e tolerância à minha ausência ou falta de paciência, em especial ao meu marido Thiago pelo apoio, dedicação e compreensão nos momentos críticos, sem você eu não teria dado o primeiro passo e não estaria escrevendo esta dedicatória, obrigado por sempre acreditar que eu posso.

À todos os professores que tive a oportunidade de conviver e deram de alguma forma suporte e conhecimento para desenvolver meus estudos.

Aos meus amigos de laboratório do Geoproea, que me proporcionaram horas de conforto e descanso em dias produtivos e cansativos, sem vocês a vida acadêmica não seria tão leve e fraternal.

Ao NPGAU pelo suporte e assistência durante estes quatro anos.

Ao CNPq e CAPES pelo apoio fundamental para completar meus estudos.

A PRODABEL pelo fornecimento de dados e bases cartográficas.

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Cora Coralina.

RESUMO

A redução das áreas verdes urbanas e a consequente perda de seus benefícios constituem uma relevante questão da atualidade, discutida tanto no meio acadêmico quanto na sociedade em geral. Com o crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, a adequada distribuição de áreas verdes tem implicações práticas importantes para o equilíbrio e qualidade de vida. Entretanto, isto não é levado em consideração nos Planos Diretores vigentes no Brasil, que priorizam a criação e regulamentação das áreas edificadas, em detrimento da gestão, manutenção, criação e conservação das áreas verdes urbanas. Assim, os objetivos do trabalho são apresentados na forma de uma hipótese norteadora, segundo a qual esses Planos Diretores não garantem a qualidade ambiental urbana do ponto de vista da inclusão da cobertura vegetal, por dois motivos. Primeiramente, eles controlam apenas a densidade volumétrica edificada, desconsiderando a necessária volumetria vegetada. Em segundo lugar, eles também não gerenciam devidamente a inserção do verde no complexo urbano do ponto de vista da resposta do cidadão, que não atua como protagonista da manutenção e qualificação ambiental em seu território particular por meio de seu lote individual. Diante desta hipótese, o trabalho apresenta-se como ensaio metodológico em favor de etapas de caracterização, análise e proposição da inclusão de parâmetros de cobertura vegetal que considerem potencialidades de uso e necessidades de ocupação não só bidimensional, mas também volumétrica. Tendo como referência os conceitos da Ecologia da Paisagem e da Infraestrutura Verde, o trabalho compreende estudos de caso com diferentes escalas e condições de acesso à infraestrutura de dados livres e gratuitos necessária para realizar as análises e proposições, reconhecendo as distintas realidades existentes no Brasil em relação às tecnologias de geoinformação, com vistas a contribuir na inclusão de questões relacionadas a este tema nos planos diretores municipais. O principal resultado da tese é um Roteiro Metodológico de Diagnóstico e Proposições para os Usos, Vocações e Destinações das Áreas Verdes Urbanas replicável as diversas realidades brasileiras, servindo de subsídio a criação de normativas para as áreas verdes urbanas não só volumétrica, mas também por unidade arbórea ideal por lote a serem consideradas nos Planos Diretores.

Palavras-Chave: Plano Diretor; Áreas Verdes Urbanas; Métricas De Paisagem; Infraestrutura Verde; Participação Cidadã.

ABSTRACT

The reduction of urban green areas, and the consequential loss of their benefits constitute a relevant issue of our time, discussed both by academia and society. With the rapid growth of large urban centres, the appropriate distribution of green areas has important practical implications on the balance and quality of life. However, this is not taken into account by the current Master Plans in Brazil, which prioritise the creation and regulation of built-up areas, to the detriment of the management, maintenance, creation and protection of urban green areas. The goals of this study are thus presented in the form of the guiding hypothesis that those Master Plans do not guarantee urban environmental quality regarding the inclusion of vegetation cover, for two reasons. Firstly, they regulate only the built-up volume, overlooking the necessary green volume. Secondly, they fail to manage the insertion of vegetation in the urban complex by the citizens, who hardly contribute to the maintenance and improvement of the environment by improving their individual lots not only two-dimensional but also volumetric. Considering this hypothesis, our study was written as a methodological essay containing steps for the characterisation, analysis, and inclusion of vegetation cover parameters that envisage the potential use and occupation of a land. Making use of the concepts of Landscape Ecology, and Green Infrastructure, it comprehends case studies in different scales and free access data infrastructure required to carry out the analyzes and propositions, recognizing the different realities existing in Brazil in relation to geo-information technologies, aiming for the inclusion of this issue in the municipal Master Plans. The main result of this thesis is a Methodological Script for Diagnosis and Propositions for Uses, Vocations, and Allocations of Urban Green Areas replicable the various Brazilian realities, serving as a subsidy for the creation of regulations for urban green areas not only volumetric but also for ideal arboreal unit per lot to be considered in the Master Plans.

Keywords: Master Plan; Green Areas; Landscape Measurements; Green Infrastructure; Citizen Participation.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ZPAM - Zona de preservação Ambiental

ONU – Organização das Nações Unidas

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

APP - Áreas de Proteção Permanente

PDAU - Plano Diretor de Arborização Urbana

ZMA - Zona Mista Ambiental

ZEPAM - Zona Especial de Preservação Ambiental

ZEP - Zona Especial de Preservação

ZEIS - Zonas de Interesse Social

ZMIS - Zona Mista de Interesse Social

ZMISa - Zona Mista de Interesse Social Ambiental

HIS - Habitações de Interesse Social

SVMA - Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente

PDBH - Plano Diretor de Belo Horizonte

SMABH - Secretaria Municipal de Meio Ambiente

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

PDDU - Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano

IAV - índice de Área Verde

RU - Região Urbana

COMDEMA - Conselho Municipal de Meio Ambiente

SIG - Sistemas Informativos Geográficos

COMUS - Comissão de Uso e Ocupação do Solo

LiDAR - Light Detection and Ranging

PBH – Prefeitura de Belo Horizonte

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

MDT - Modelo Digital de Terreno

MDS - Modelo Digital de Superfície

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

IR - Infrared

NIMBY - Not in my backyard

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Tipologias e alcance das áreas verdes urbanas.....	24
Figura 2 – Diagrama de recorte da tese.....	27
Figura 3 – Figueiras-religiosas na Rua Santa Luzia, Santa Casa da Misericórdia, imagem do final do séc. XIX.....	33
Figura 4 – Figura a esquerda mapa da cidade 1875 e na figura a direita o mesmo local após a reforma urbana de Pereira Passos.....	33
Figura 5 – Plano Agache que priorizava as composições de cheios e vazios, linhas e planos, a proposta foi pensada não somente para a área urbana mas também para a zona rural, industrial e subúrbios e suas ligações com as demais cidades e regiões do país.....	34
Figura 6 – Plano Agache – zoneamento proposto, no qual pode-se observar a preocupação com a circulação das atividades bem definidas. Em termos de zonas, o centro da cidade é bem próximo do que é praticado atualmente, um centro financeiro e comercial, cercado por loteamentos residenciais. Há ainda as zonas industriais próximas aos subúrbios.....	35
Figura 7 – Desenho de Burle Marx para o Parque do Flamengo.....	36
Figura 8 – Avenida Paulista 1981.....	38
Figura 9 Tabela que define o canteiro para o plantio de arborização de acordo com a calçada.....	41
Figura 10 – Planta geral de Belo Horizonte projetada por Aarão Reis de 1895.....	43
Figura 11 – Planta da cidade de Gustavo Dodt, 1860.....	45
Figura 12 A primeira imagem é uma foto da Av. Rio Branco, em 1920, na qual é possível avistar de longe a Catedral Metropolitana da cidade, e a segunda foto é uma imagem da cidade, no ano 2017, já não é possível avistar a Catedral, que é tomada na paisagem por altos edifícios.....	46
Figura 13 – Planta do loteamento do bairro Parque Imperial e imagem atual da região com destaque para a área reservada de APP doada à Prefeitura de Juiz de Fora.....	49
Figura 14 – Estrutura das manchas na paisagem.....	56
Figura 15 – Dimensões individuais e coletivas das manchas na paisagem.....	57
Figura 16 – Formatos raster ou vetor.....	59
Figura 17 – Principais temáticas de análise de métricas.....	59

Figura 18 – Rede de Infraestrutura Verde.....	66
Figura 19 – Diagrama metodológico do desenvolvimento da tese.....	75
Figura 20 – Estudo de caso Regional Pampulha, Belo Horizonte – Brasil.....	77
Figura 21 – Estudo de composição de cores, na composição RGB432, verdadeira cor é a representação que mais se aproxima da visão humana. A segunda e terceira imagem é a composição falsa cor, que é a reprodução de uma imagem colorida produzida a partir de três imagens independentes em padrões de cinza a combinação RGB843, destaca a cor vermelho que representa a vegetação existente na Pampulha e a composição RGB483, destaque em verde a vegetação existente.....	78
Figura 22 – Vista panorâmica da Lagoa da Pampulha.....	79
Figura 23 – Praga República Tcheca.....	80
Figura 24 – Composição de cores de Praga.....	81
Figura 25 – Cidade de Praga na atualidade, destaque para o Castelo de Praga no centro da imagem e ao fundo as novas tipologias de conformação urbana na figura 1 e na figura 2 novas construções no distrito de Praga 7 área de expansão da cidade	82
Figura 26 – Análise combinatória entre declividade e áreas verdes. Declividade em relação a áreas verdes. Usos: impermeável, rasteira, arbustiva, arbórea.....	85
Figura 27 – TSES não funcional em relação a declividade e as áreas verdes. Usos: baixo, médio e alta declividade em comparação com as áreas impermeáveis e permeáveis.....	86
Figura 28 – TSES funcional em relação a declividade e as áreas verdes. Usos: baixo, médio e alta declividade em comparação com as áreas impermeáveis e permeáveis.....	87
Figura 29 – Foto panorâmica de Juiz de Fora –MG	88
Figura 30 – Localização do Município de Juiz de Fora/MG.....	89
Figura 31 – Estudo de composição de cores de Juiz de Fora.....	91
Figura 32 – Ortofotomosaico sem e com edições nas linhas de corte.....	92
Figura 33 – Bandas e composições das Imagens Sentinel, exemplo do estudo de caso Juiz de Fora, 2017.....	93
Figura 34 – Curvas de nível de 5 metros de Pampulha.....	95
Figura 35 – Curvas de nível de 5 metros de Praga.....	96
Figura 36 – Imagem SRTM de Juiz de Fora com resolução de 30 metros.....	97

Figura 37 – Curvas de nível de 5 metros de Juiz de Fora gerada a partir da imagem SRTM.....	98
Figura 38 – Hidrografia – Buffers de cabeceiras, represa e cursos d’água de acordo com as normativas de APP de Pampulha.....	100
Figura 39 – Hidrografia – Buffers de cabeceiras, represas e cursos d’água de acordo com as normativas de APP de Juiz de Fora.....	101
Figura 40 - Resposta espectral da vegetação.....	102
Figura 41 – Fragmento de NDVI aplicado ao estudo de caso de Juiz de Fora.....	103
Figura 42 – Mapa de Cobertura do Solo Pampulha.....	104
Figura 43 – Mapa de Cobertura do Solo Pampulha acrescidas as camadas de ZPAMs, parques, APP.....	105
Figura 44 – Mapa de Cobertura do Solo Praga.....	106
Figura 45 – Mapa de Cobertura do Solo Praga acrescida a camada de TSES e parques.....	107
Figura 46 – Mapa de Cobertura do Solo Juiz de Fora.....	108
Figura 47 – Mapa de Cobertura do Solo Juiz de Fora acrescidas das camadas de APP e parques.....	109
Figura 48 – a) Nuvem de pontos b) Modelo Digital de Terreno (MDT) c) modelo volumétrico das edificações.....	110
Figura 49 – a) Nuvem de pontos b) TIN (Triangulated Irregular Network) com destaque para vegetação extensa c) Calculo dos volumes de fragmentos de vegetação d) visualização 3D da dos fragmentos de vegetação.....	111
Figura 50 – Shapefile das projeções das edificações e gabaritos.....	112
Figura 51 – Volume estimado da vegetação existente a partir das imagens de Google Street View.....	113
Figura 52 – Exemplo do cálculo do volume estimado da vegetação e edificações existentes a partir das imagens de Google Street View.....	113
Figura 53 – : Exemplos de estudos comparativos para a Pampulha a partir de bairros de referência em Belo Horizonte.....	116
Figura 54 – Estudos de composições de índices volume edificado & volume vegetado.....	117
Figura 55 – Relação por quadra entre volume vegetado e volume construído.....	118
Figura 56 – Ortofotos da localização do distrito de Praga 6 de 1938 e 2017.....	119
Figura 57 – Distrito de Praga 6 – República Tcheca.....	119

Figura 58 – Exemplo de cálculo do índice de relação de volume vegetado por volume construído por quadra em dois exemplos de localidades de Praga 6, representativos das principais tipologias existentes.....	120
Figura 59 – Nuvem de palavras – Juiz de Fora.....	121
Figura 60 – Bairro Bairu – Juiz de Fora.....	122
Figura 61 – Bairro Bairu fotos– Juiz de Fora	123
Figura 62 – Bairro São Pedro – Juiz de Fora.....	124
Figura 63 – Bairro São Pedro fotos – Juiz de Fora.....	125
Figura 64 – Exemplo de duas quadras com calculo do índice de relação de volume vegetado por volume construído por quadra em Juiz de Fora.....	126
Figura 65 – Diagrama lógico da metodologia para análise dos fragmentos de paisagem a serem aplicadas as métricas da paisagem.....	129
Figura 66 – Cálculo do volume edificado e do volume.....	131
Figura 67 – Diagrama de identificação dos fragmentos quanto ao uso e função.....	121
Figura 68 – Roteiro Metodológico para suporte aos Planos de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana.....	122
Figura 69 – Separação dos fragmentos de vegetação que gerou o Mapa de vegetação robusta ou arbórea e o Mapa de vegetação gramínea ou rasteira e arbustiva.....	141
Figura 70 – Mapa de vegetação robusta.....	142
Figura 71 – Mapa da Áreas de fragmentos em m ²	143
Figura 72 – Mapa da áreas de fragmentos agrupadas em grandes e pequenas áreas em m ²	145
Figura 73 – Mapa de áreas dos grandes fragmentos em m ²	146
Figura 74 – Mapa Da Dimensão Fractal Média Da Mancha Ponderado Pela Área.....	147
Figura 75 – Mapa da Relação Média entre Área-Perímetro.....	149
Figura 76 – Mapa de Densidade de Borda.....	150
Figura 77 – Mapa Área Núcleo.....	151
Figura 78 – Mapa Área Núcleo com a indicação das áreas já protegidas por lei.....	152
Figura 79 – Mapa de Proximidade.....	153
Figura 80 – Área de análise para demonstrar a potencialidade das áreas de vegetação rasteira e arbustiva para requalificar áreas com ausência ou pouco vegetação robusta e arbórea.....	155
Figura 81 – Mapa de Proximidade do quadrante das áreas de vegetação rasteira (gramínea) e arbustiva na área central selecionada.....	156

Figura 82 – Análise do quadrante central da cidade quanto a requalificação para promoção de áreas verdes urbanas e stepping stones.....157

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos da Infraestrutura Verde aplicados ao contexto urbano.....	69
Tabela 2 – População urbana e rural	89
Tabela 3 – Tabela de Análise de Métricas, Usos, Vocações, Destinações e Volumetria.....	132

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
2.BASES CONCEITUAIS COMO SUPORTE ÀS DISCUSSÕES PARA AS ETAPAS PROPOSITIVAS.....	22
2.1 Os Planos Diretores e as áreas verdes urbanas.....	30
a. O caso do Rio de Janeiro.....	32
b. O caso de São Paulo.....	38
c. O caso de Belo Horizonte.....	42
d. O caso de Juiz de Fora.....	45
e. Desafios para a introdução da questão das áreas verdes na legislação urbana brasileira.....	50
2.2 Parâmetros sob o ponto de vista dos planos diretores.....	51
2.3 Métricas propostas pela Ecologia da Paisagem e suas contribuições para os estudos de áreas verdes urbanas.....	54
2.4 Infraestrutura Verde no espaço urbano.....	65
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	72
3.1 Caracterização dos estudos de caso.....	76
a. Regional Pampulha – Belo Horizonte.....	76
b. Praga – República Tcheca.....	79
c. Juiz de Fora.....	88
3.2 Produção de dados – construção da base cartográfica.	91
a. Seleção das imagens.....	92
b. Escolha de fontes para mapeamento da altimetria e de declividades.....	93
c. Principais elementos da bases cartográficas.....	99
d. Produção do mapa de Cobertura do Solo.....	102
e. Acesso a informações sobre dados volumétricos.....	110
3.3 Identificação da expectativa cidadã.....	113
3.4 Seleção dos fragmentos para análise e aplicação das métricas da Ecologia da Paisagem.....	127
4. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	137
4.1 Resultados e análise dos mapas de métricas.....	140
5. DISCUSSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	159

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	146
---------------------------------	-----

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A reduzida presença de áreas verdes urbanas e os benefícios agregados a elas, no contexto das cidades, é uma questão atual que vem sendo discutida não só no meio acadêmico, mas também pela sociedade em geral, devido ao crescimento acelerado dos grandes centros urbanos, segundo a ONU 54% da população mundial já vive nas cidades e esse número deve aumentar para 66% até 2050 (ONU, 2018).

Para se ter uma ideia da condição extremamente urbana vivenciada no Brasil, de acordo com IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no estudo "Estimativas de População dos Municípios 2017", cerca de 57% da população brasileira (117,2 milhões de habitantes) vive atualmente em 5,7% das cidades do país com mais de 100 mil habitantes (317 municípios). Os 42 municípios com mais de 500 mil habitantes concentram 30,2% da população (62,6 milhões de habitantes). Os dados nos mostram que hoje a vida brasileira é irreversivelmente urbana, demandando estudos sobre como favorecer as condições de ambiência urbana, cidadania e qualidade de vida e ambiental a todos que vivem nas cidades.

A qualidade ambiental está intimamente atrelada ao conceito de qualidade de vida, uma vez que não é possível fazer melhorias em uma sem que se promova melhorias na outra, o que leva às questões socioambientais, pois o homem como organismo vivo só se desenvolve de forma integral em ambientes sadios. Problemas recorrentes no contexto urbano favorecem condições críticas à qualidade de vida nas cidades: intensidade de veículos, enchentes, adensamento populacional e de edificações, intenso processo de verticalização, aumento das superfícies impermeabilizadas, diminuição das áreas verdes.

Para Guimarães et al. (2007), a qualidade ambiental deve ser encarada como uma meta social e comunitária, não somente de administradores, técnicos ou cientista, mas também pelas pessoas que em conjunto com as autoridades competentes favorecem o êxito para alcançar a qualidade ambiental, minimizar impactos no meio ambiente e promover as áreas verdes urbanas (MAZETTO, 2000; MASCARÓ e MASCARÓ, 2009; BARBOSA et al., 2010).

A preocupação em proporcionar o contato das pessoas com o verde nas cidades tornou-se crescente essencialmente com a discussão da temática de sustentabilidade, conceito que vai além da abordagem econômica, pois visa o uso consciente dos recursos naturais existentes e quando possível meios de recompô-los. Assim ao se repensar como lidamos com as áreas verdes urbanas existentes (em todas as suas formas: arborização,

gramados e florestas urbanas), nota-se como essas vêm sendo suprimidas em virtude de um crescimento urbano voltado, principalmente, para as questões ligadas à criação e regulamentação das áreas edificadas nos Planos Diretores, que relega a um segundo plano a gestão, manutenção, criação, proteção e conservação das áreas verdes urbanas.

Para se ter uma ideia, a temática do verde só é abordado nas leis de Parcelamento do Solo Urbano, que preveem um percentual de terreno para áreas verdes protegidas, mas que são confundidas com ajardinamento ou áreas livres; nos Planos Diretores, quando alguns tratam de definição de ZPAMs ou mesmo de taxas de permeabilidade, mas que não são garantia de áreas verdes de fato; ou, em alguns casos, em Planos de Arborização urbana, mas esses últimos não são presentes em todos os municípios.

Segundo a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura) o Brasil é considerado o segundo país com maior área verde do mundo (ficando atrás apenas da Rússia com cerca de 22% de verde do mundo), mas perde anualmente áreas significativas de florestas com o avanço da pecuária e agroindústria, apesar de suas políticas de preservação ambientais serem consideradas avançadas nesse âmbito (FAO, 2016).

Porém observa-se um contrassenso quando a questão são as áreas verdes urbanas, uma vez que mais de um terço dos domicílios não têm uma árvore em seu entorno e, surpreendentemente, a região norte do país notadamente associada à Amazônia apresenta cidades menos qualificadas no quesito de arborização urbana (Revista Istoé, 2016), apesar de existirem estudos que comprovam a capacidade das áreas verdes de gerarem significativas melhorias no ambiente urbano, especialmente no que se refere ao equilíbrio das temperaturas, ao conforto ambiental, à diminuição da poluição atmosférica, além de causar bem-estar físico e psíquico nas pessoas (MILANO, 1990; GONÇALVES, 2009; HERZOG, 2013).

Para designar as áreas verdes existentes nas cidades há os termos Floresta Urbana ou Arborização Urbana, usados para o conjunto de todas as áreas verdes encontradas nos arruamentos, bacias hidrográficas, áreas de recreação, parques, jardins, áreas e unidades de proteção, áreas verdes públicas e privadas (GREY e DENEKE, 1986; MILLER, 1997; GOLÇALVES, 2000).

As primeiras legislações voltadas às questões ambientais no Brasil datam da década de 60, com a criação do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), por meio das resoluções relacionadas às Áreas de Preservação Permanente, ditas APP's

(com destaque para resoluções de 302/2002, 303/2002 e 369/2006, sendo essa última com ênfase para as questões urbanas). A lei 9.985/2000 (que definiu as áreas de proteção, no qual estabeleceu restrições através da proteção integral e uso sustentável) e do Código Florestal (primeiro em criado em 1934, revisto em 1965 e o que vigora atualmente o de 2012 com a lei 12.651, referente à preservação da fauna e flora, recursos hídricos, licenciamento ambiental e áreas de preservação permanente), quando o país deu seus primeiros passos para a preservação das áreas verdes, apesar de uma abordagem ainda ampla, generalista e voltada, principalmente, para as áreas rurais.

Somente a partir da década de 80, é que o pensamento de conservação das áreas verdes começou a ser discutido também para o contexto urbano, incentivado pelo acelerado processo de urbanização ocorrido no país, que passou de uma condição rural para uma situação extremamente urbana em pouco mais de 50 anos, e a paisagem natural foi dando lugar a expansão urbana (BRITO, 2006). Assim foram criadas as leis que dispõem sobre o Parcelamento do Solo Urbano (Lei n.º 6766/1979) e a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei n.º 6938/1981), considerando o meio ambiente como patrimônio público, visando à racionalização do uso do solo, o equilíbrio ecológico e a criação de zoneamentos ambientais.

Dessa forma, defende-se a importância de se propor novas abordagens que incluam a temática do verde e que resultem em cidades resilientes, aprimorando os Planos Diretores enquanto instrumentos que regulam a cidade e permitindo o crescimento urbano associado à preservação, conservação, proteção, recuperação e manutenção das áreas verdes urbanas.

A questão do verde aparece nos planos diretores na definição de ZPAMs e APPs, que são reconhecidas iniciativas do poder público, mas não se fala em parâmetros a serem adotados também na escala do lote, com a iniciativa individual para que o cidadão também se torne protagonista da inclusão do verde nas cidades. Há menções, no máximo, a áreas permeáveis ou a cotas em tipologias e formas de uso que ajudam o meio ambiente, mas nenhuma delas é garantia do tema verde em si na escala do lote.

Essa necessidade resulta no desafio de se trabalhar no processo de identificação das vocações e do papel de cada fragmento de área verde urbana, pois, infelizmente, elas ainda são vistas como as porções que “sobram” da ocupação urbana antrópica edificada. Como destaca Machado (1997) quando elucida a respeito da qualidade ambiental e de vida:

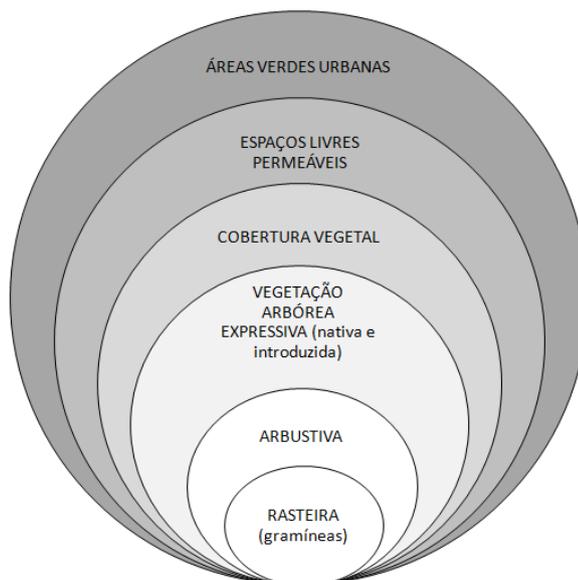
Qualidade ambiental é uma expressão de uso corrente, mas de difícil definição; está intimamente ligada à qualidade de vida, pois vida e meio ambiente são inseparáveis, o que não significa que o meio ambiente determina as várias formas e atividades de vida ou que a vida determina o ambiente. Há uma interação e um equilíbrio entre ambos que variam de escala em tempo e lugar (MACHADO, 1997, p. 17 apud MINAKI e AMORIM, 2007).

A necessidade da existência e adequada distribuição de áreas verdes no contexto urbano mostra-se essencial para o equilíbrio e qualidade de vida em um ambiente que tende a crescer cada vez mais. Sobre esse aspecto, Barros (2015, p. 13) afirma que “a cidade deve ser reconhecida como parte da natureza e projetada segundo essa mesma perspectiva”.

Em virtude da inexatidão e mesmo da existência de conflitos sobre o conceito “áreas verdes urbanas” o presente trabalho realiza decisões que são recortes conceituais. A partir do conceito apresentado pelo CONAMA (Art. 8º, § 1º, da Resolução CONAMA n.º 369/2006) consideram-se as áreas verdes como (fig.01): áreas dotadas de vegetação e espaços livres permeáveis, com características predominantemente naturais, independente do porte de vegetação arbórea (nativa e introduzida), arbustiva ou rasteira (gramíneas) e que sejam utilizadas com objetivos sociais (paisagística e recreativa), ecológicos, científicos ou culturais e que contribuam de modo significativo para a qualidade de vida e o equilíbrio ambiental nas cidades (MILANO, 1993; LIMA et al., 1994; CAVALHEIRO et al., 1999; NUCCI, 2001; NOGUEIRA, WANTUELFER, 2002; LOBODA e ANGELIS, 2005; CEMIN, REMPEL, 2005; NUCCI, 2008; BENIN, MARTIN, 2010; MOURA, 2017).

Desta forma, a presente tese apresenta a seguinte compreensão de áreas verdes, as para quais serão desenvolvidas as discussões propostas:

Figura 01 - Tipologias e alcance das áreas verdes urbanas.



Fonte: Autora

Diante do exposto e justificada a necessidade de se repensar a abordagem das áreas verdes urbanas, esta tese tem como sua mais importante contribuição a proposta um Roteiro Metodológico de Diagnóstico e Proposições para os Usos, Vocações e Destinações das Áreas Verdes Urbanas independente da realidade em que se encontram, servindo de subsídio a criação de normativas de áreas verdes para os Planos Diretores permitindo o olhar mais macro da situação, de forma a possibilitar o posterior detalhamento para futuros planos de arborização urbana e os planos de coberturas vegetal.

Nesse sentido o foco da tese não está na discussão sobre espécies e classes vegetais (o que seria um processo posterior ao que se trata no roteiro metodológico proposto e que caberia a Planos de Arborização Urbana), não se discute sobre o papel das áreas verdes e espécimes animais (o que resultaria em análises específicas sobre forma de função das manchas de cobertura vegetal), mas a discussão é especificamente sobre os volumes vegetados: como caracterizá-los e propor seus usos e funções. Nesse sentido, a abordagem do estudo se aplica à melhor elaboração dos Planos Diretores, através da inclusão de novos parâmetros sobre a temática.

O recorte conceitual está focado nos recentes estudos de Infraestrutura Verde, contribuindo para o entendimento de uma vegetação qualificada, e nos princípios de Ecologia da Paisagem como caracterização das condições dos fragmentos de áreas

verdes urbanas para definir potenciais de uso a partir dos parâmetros e métricas de mensuração.

O recorte espacial adota como estudos de casos três diferentes escalas, três diferentes qualidades ambientais e três diferentes condições de acesso aos dados:

- região urbana de mais fácil apreensão devido a menor dimensão, com expressiva presença de áreas verdes urbanas e, ao mesmo tempo, com excelente infraestrutura de dados georreferenciados em alta resolução;
- área urbana de grande porte, ampliando a complexidade do estudo de caso, dotada de área verde muito qualificada, mas com bom acesso à infraestrutura de dados de média resolução espacial e considerada uma boa prática em termos de manutenção e conservação das áreas verdes;
- área urbana de médio porte, com baixa qualidade de áreas verdes urbanas, ampliando ainda mais a complexidade do estudo de caso em função da reduzida disponibilidade de dados de acesso livre e público.

O desafio de lidar com diferentes realidades em termos de complexidade e acesso a dados é traduzido na elaboração dos estudos de caso de modo paulatino, vencendo cada etapa do mais fácil ao mais difícil, para que ao final do desenvolvimento se pudesse deixar como legado da tese um roteiro metodológico aplicável às mais diferentes realidades. Com isto, a proposta é reproduzível para a gestão, manutenção e proteção das áreas verdes urbanas brasileiras.

Assim, foram escolhidas a regional Pampulha, em Belo Horizonte; a cidade de Praga, na República Tcheca e a cidade de Juiz de Fora, em Minas Gerais. O terceiro estudo de caso é o que mais se aproxima da realidade encontrada na maioria das cidades brasileiras, caracterizado por pouco acesso livre e gratuito à infraestrutura de dados espaciais e pela má qualidade ambiental urbana em função da reduzida presença de áreas verdes. O estudo de caso de Praga se justifica pelo interesse em investigar outras realidades fora do Brasil que fossem reconhecidamente áreas urbanas com presença de áreas verdes que fazem parte do cotidiano das pessoas, na expectativa de que as boas práticas pudessem ser usadas como exemplos adaptáveis à realidade brasileira. O recorte dos estudos de casos da tese tem por finalidade a busca pela representatividade das possíveis realidades brasileiras, demonstrando como as tecnologias da geoinformação podem ser usadas, em qualquer situação, para a

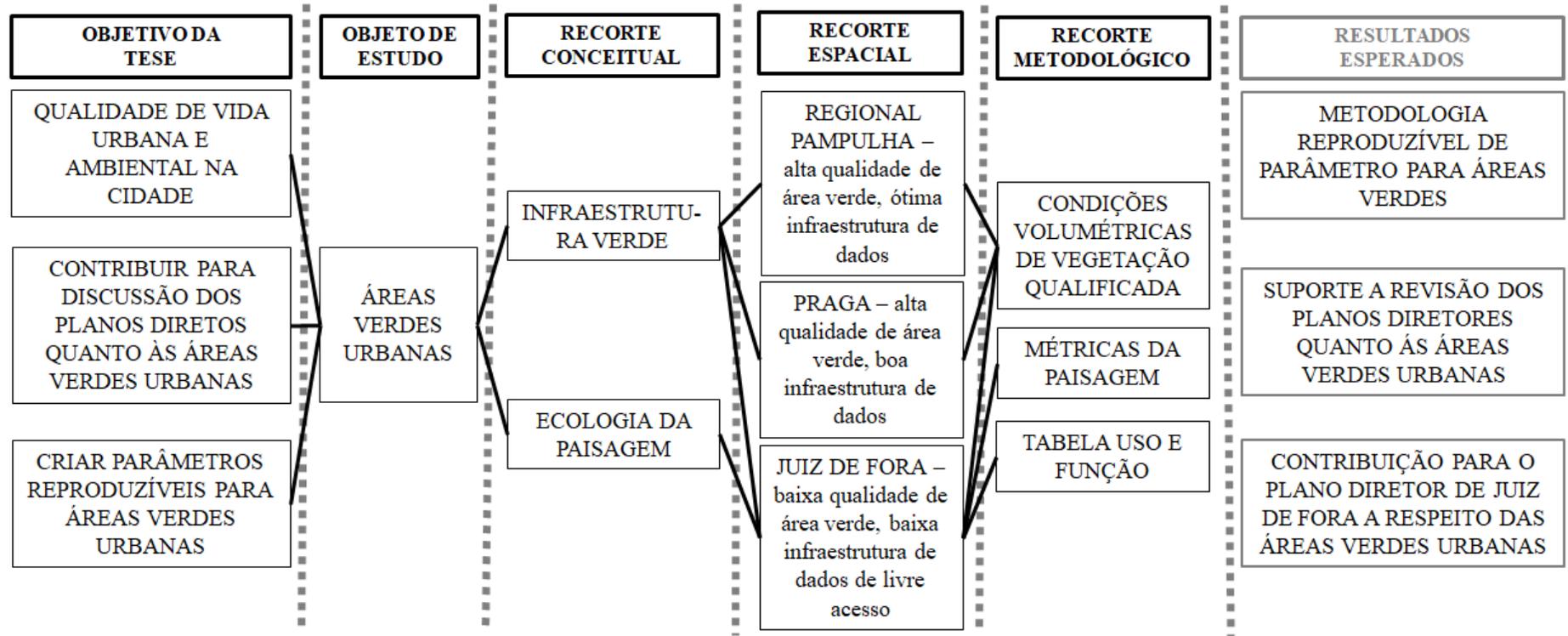
caraterização e como suporte para os planos diretores e demais instrumentos de gestão que precisam enfrentar a questão das áreas verdes urbanas em amplo senso.

O recorte metodológico está relacionado ao emprego de modelos de geoprocessamento para estudos das métricas de paisagem, com vistas a caracterizar condições, identificar variáveis e parâmetros ótimos relacionados às áreas verdes em cada realidade específica. O primeiro passo se destina ao mapeamento das condições volumétricas de vegetação qualificada e sua comparação com o volume edificado, para fins de um suporte futuro aos estudos de ocupação volumétrica segundo alguma proporção entre áreas edificadas e áreas vegetadas nos planos diretores.

O segundo passo é o mapeamento da cobertura vegetal a partir de imagens de satélites ou ortofotos, para identificação dos principais fragmentos verdes e cálculo de suas métricas para um suporte futuro aos estudos de cobertura do solo urbano, segundo os princípios de infraestrutura verde nos planos diretores.

O terceiro passo utiliza os produtos resultantes das etapas um e dois, nas quais foram produzidas as informações tridimensionais e bidimensionais sobre as condições da cobertura vegetal, possibilitando as construções de tabelas que associam usos, funções, destinações e padrões volumétricos de ocupação que possam orientar a proposição de novos parâmetros da temática verde e suas métricas em planos diretores (Fig. 02).

Figura 02 - Diagrama de recortes da tese.



Fonte: Autora

Assim, a tese visa a geração de três produtos:

- Metodologia reproduzível para que sejam caracterizadas as condições e identificadas potencialidades e vulnerabilidades das áreas verdes urbanas, como base para a proposição de parâmetros a serem incluídos em planos diretores, através do Roteiro Metodológico de Diagnóstico e Proposições para os Usos, Vocações e Destinações das Áreas Verdes Urbanas;
- Suporte à revisão dos planos diretores quanto às áreas verdes urbanas;
- Contribuição para o Plano Diretor de Juiz de Fora quanto às áreas verdes urbanas.

O trabalho tem por objetivo geral aplicar as tecnologias de geoinformação que favoreçam a caracterização, a análise de distribuição espacial e a proposição da inclusão dessa temática por meio de novos parâmetros e de suas métricas nos planos diretores, para fins de qualidade ambiental urbana, além da elaboração de uma metodologia reproduzível.

Como objetivos específicos, o trabalho espera contribuir para a discussão a respeito de como os planos diretores no Brasil tratam e propõem diretrizes de manutenção, gestão, criação e proteção das áreas verdes urbanas, além da proposta de inclusão de métricas como parâmetro de cobertura vegetal, servindo de suporte para revisão dos planos diretores; apresentar os conceitos de infraestrutura verde, da ecologia da paisagem aplicados ao contexto urbano e desenvolver um estudo para dar suporte ao Plano de Paisagem e de Cobertura Vegetal para Juiz de Fora – MG.

A síntese dos objetivos do trabalho é apresentada na forma de hipótese norteadora, na qual se afirma que os planos diretores em vigência no Brasil não têm a capacidade de garantir a qualidade ambiental urbana, do ponto de vista da inclusão da cobertura vegetal, tendo em vista que eles controlam apenas a densidade volumétrica edificada e não consideram a necessária volumetria vegetada. Eles também não gerenciam devidamente a inserção do verde no complexo urbano, do ponto de vista da resposta do lote individual, o que poderia fazer com que o cidadão atuasse como protagonista da manutenção e qualificação ambiental em seu território particular.

Diante da afirmativa, o trabalho apresenta-se como ensaio metodológico que favorece etapas de caracterização, análise e proposição da inclusão de parâmetros de cobertura vegetal que considerem potencialidades de uso e necessidades de ocupação por essa tipologia.

CAPÍTULO 2

**BASES CONCEITUAIS COMO SUPORTE ÀS DISCUSSÕES PARA AS ETAPAS
PROPOSITIVAS**

Discute-se neste capítulo como os Planos Diretores no Brasil, de maneira geral, abordam a questão relativa às áreas verdes urbanas: (a) Rio de Janeiro, (b) São Paulo e (c) Belo Horizonte. Além disso, para fomentar as discussões, é realizada uma comparação dessas três realidades com (d) Juiz de Fora, caracterizada neste estudo como a situação de baixa qualidade de áreas verdes urbanas (COSTA, FERREIRA, 2011; DORNELLAS *et al.*, 2013; MONTEIRO, 2013; ARAUJO, FERREIRA 2014; DORNELLAS, 2014; ROCHA, 2015). Posteriormente, se compara os tratamentos dados pelos planos diretores estudados às áreas verdes urbanas. Foram escolhidos como documentos de investigação os principais Planos Diretores da região Sudeste do Brasil, em virtude da área de inserção do trabalho, mas também por eles terem sido influenciadores do que aconteceu no Brasil por processos de reprodução de conceitos e normativas.

Além disso, é apresentado neste capítulo uma revisão do conceito de Métricas da Paisagem, buscando explicitar quais métricas podem auxiliar na identificação dos fragmentos de vegetação, bem como apresentar uma revisão bibliográfica sobre o termo e aplicação da Infraestrutura Verde, e como esse princípio pode auxiliar na definição de destinações de usos.

2.1. Os planos diretores e as áreas verdes urbanas

O processo de pensamento urbanístico no Brasil, segundo Ribeiro e Cardoso (1996), pode ser dividido em três momentos: 1) Planos de embelezamento e a formação do povo brasileiro (1880-1930), caracterizado pela influência europeia, deslocamento de ocupação de baixa renda das áreas centrais, ajardinamento de parques e praças; 2) Planos de modernização com intuito higiênico-funcional (1930 - 1950), marcado pela abertura de novas avenidas, implementação de infraestrutura, reformulação de áreas consideradas insalubres, introdução do pensamento urbanístico, influenciado pelo Plano Agache no Rio de Janeiro e conformação com os modelos europeus e 3) Planos de Desenvolvimento (1950 em diante), influenciado pela Carta de Atenas, elaborado pelo arquiteto Le Corbusier, que colocava de lado o padrão higiênico-funcional para dar lugar a cidade-máquina de morar, trabalhar, lazer e circular, no qual foi dado início elaboração de planos regionais, além do desenvolvimento dos primeiros parâmetros urbanísticos no país, caracterizados pelo aumento das áreas urbanas devido à crescente migração campo-cidade e as conseqüentes conurbações de alguns centros urbanos.

A Constituição de 1988 assegurou maior autonomia aos municípios, que passaram a ter maior liberdade para gestão local, consagrando o princípio da função social da propriedade e, principalmente, o direito ao planejamento urbano, a serem definidos pelos planos diretores municipais. O Plano Diretor estabelecido na Lei de 1997 Art. 182, §1º veio contemplar diretrizes referentes à circulação, à habitação, ao patrimônio histórico, ao meio ambiente e outros aspectos relativos ao desenvolvimento das cidades (TASCA, 2010).

Apesar do artigo 225 da constituição federal assegurar que todos têm o direito de um ambiente ecologicamente balanceado, o mais importante passo dado para a conservação das áreas verdes urbanas no Brasil, entretanto, aconteceu em 2000, com a obrigatoriedade de Planos Diretores exigidos a partir do Estatuto das Cidades (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001) para os municípios acima de 20.000 habitantes, ou com atividades de significativo impacto ambiental e alinhados com a Agenda 21, algo inédito, até então, uma vez que não se tinha a tradição de discutir questões ambientais no âmbito das políticas municipais no Brasil.

Segundo Resende e Ultramarini (2007), os Planos Diretores buscaram “agregar aspectos naturais em um espaço que sempre se caracterizou pela desconstrução da natureza”. Entendeu-se que o conseqüente avanço da urbanização sobre o meio natural, sem o planejamento adequado, configura-se um dos processos mais impactantes no meio ambiente, causando a sua degradação progressiva, seja por meio de loteamentos irregulares, seja pelo uso e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio natural (CARVALHO et al., 2001).

Os principais avanços nas leis de uso e ocupação do solo, até o momento, foram a criação e regulamentação dos instrumentos de: a) coeficiente de aproveitamento máximo; b) taxa de ocupação máxima; c) recuos mínimos; d) área mínima do lote; e) frente mínima do lote; f) gabarito máximo das edificações; e g) taxa de permeabilidade do solo (CARVALHO et al., 2001). Dentre os instrumentos citados, talvez o único que corrobora a criação ou manutenção das áreas verdes seja a taxa de permeabilidade do solo. Entretanto, esse instrumento não foi criado com esse objetivo, mas com a finalidade de recolher as águas pluviais e evitar os impactos de sobrecarga da rede de drenagem instalada, uma vez que as áreas impermeabilizadas dominam os solos das cidades.

A necessidade da existência e adequada distribuição de áreas verdes no contexto urbano mostra-se essencial para o equilíbrio e a qualidade de vida em um

ambiente que tende a crescer cada vez mais. E não basta apenas citar a questão verde de modo geral, é necessário ainda pensar como o planejamento urbano deve trabalhar com as áreas verdes urbanas em seus planos diretores, com o devido cuidado por parte das prefeituras para que essas áreas não causem a gentrificação verde ou *green gentrification* que, segundo Torres (2017), é derivada da gentrificação¹ clássica, mas difere-se por acontecer como resultado de projetos ecológicos/sustentáveis para uma localidade que atraem grupos mais ricos e expulsam os residentes de baixa renda.

Assim, buscando entender como os planos diretores no Brasil abordam a temática da arborização urbana, foram estudados os casos da cidade do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte, principais capitais da região sudeste, seguido do estudo de Juiz de Fora, justificado como principal estudo de caso no qual se passou por todas as etapas metodológicas propostas.

a) O caso do Rio de Janeiro

A elaboração do Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU) do Rio de Janeiro, previsto em lei pelo plano diretor da cidade, iniciou-se em 2014 e foi aprovada em 2016, na forma da Lei Complementar n.º 111, de 1º de fevereiro de 2016. A lei complementar visa promover o adequado aproveitamento dos vazios ou terrenos subutilizados ou ociosos, priorizando a utilização para fins habitacionais ou como espaços livres de uso comunitário, na forma de parques, áreas verdes e áreas de lazer. A lei defende a compatibilização da oferta e a manutenção dos equipamentos decorrentes do crescimento urbano, além do direito de preempção das áreas verdes, aplicando instrumento previsto pelo Estatuto das Cidades de 2001.

A preocupação com a cobertura vegetal urbana no Rio de Janeiro foi precedida ainda no século XIX, sob a influência do modelo francês², por meio da introdução de

¹ O termo deriva-se da palavra em inglês *gentrification* e refere-se ao fenômeno que envolve a troca de um grupo por outro com maior poder aquisitivo de uma localidade, onde ocorre uma requalificação urbana devido a consequente valorização de lotes.

² O jardim francês é caracterizado por plantações baixas, permitindo destaque e visibilidade às edificações a sua volta. O jardim era constituído por topiarias, que podiam conter canteiros com plantas floríferas. De maneira geral, era construído com um plano geométrico preciso e metódico, sendo orientado por caminhos em dimensões monumentais e presença de estátuas, com rígida distribuição axial, proporções matemáticas, com perspectivas sem fim; certo artificialismo com plantas podadas e labirintos e bordaduras nos canteiros com plantas verde-escuro podadas e no interior flores anuais coloridas.

espécies exóticas de grande porte mescladas a espécies nativas, fruto da preocupação com o embelezamento da cidade e a preocupação com a salubridade (fig. 03).

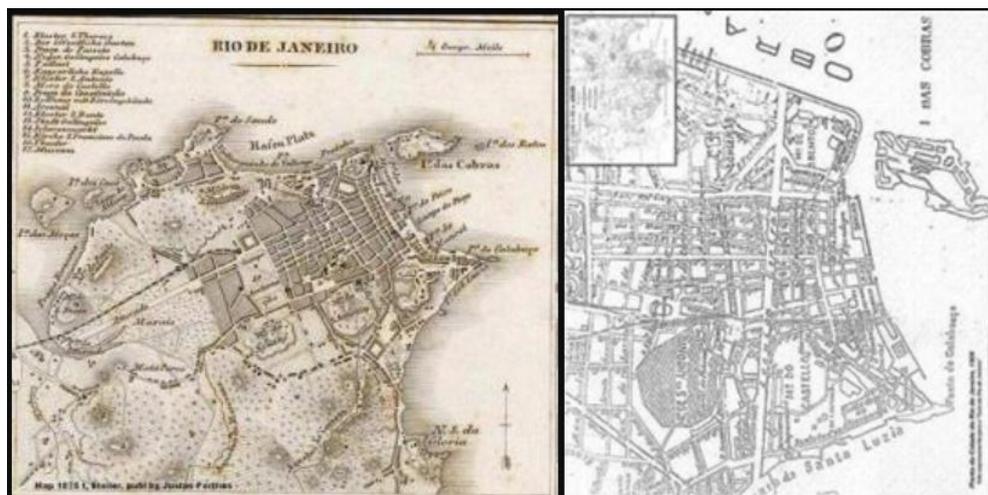
Figura 03: Figueiras-religiosas na Rua Santa Luzia, Santa Casa da Misericórdia, imagem do final do séc. XIX.



Fonte: Disponível em: <https://goo.gl/Ln5iwX>, acessado em 02/12/2018.

A partir do século XX, o Rio de Janeiro, a então capital da república, iniciou uma grande transformação urbana com a intenção de transformar a cidade colonial em uma cidade moderna. Em 1903, o prefeito Francisco Pereira Passos promoveu a implantação de grandes avenidas, largas e arejadas, com áreas destinadas a praças, jardins públicos, chafarizes e a arborização (fig.04).

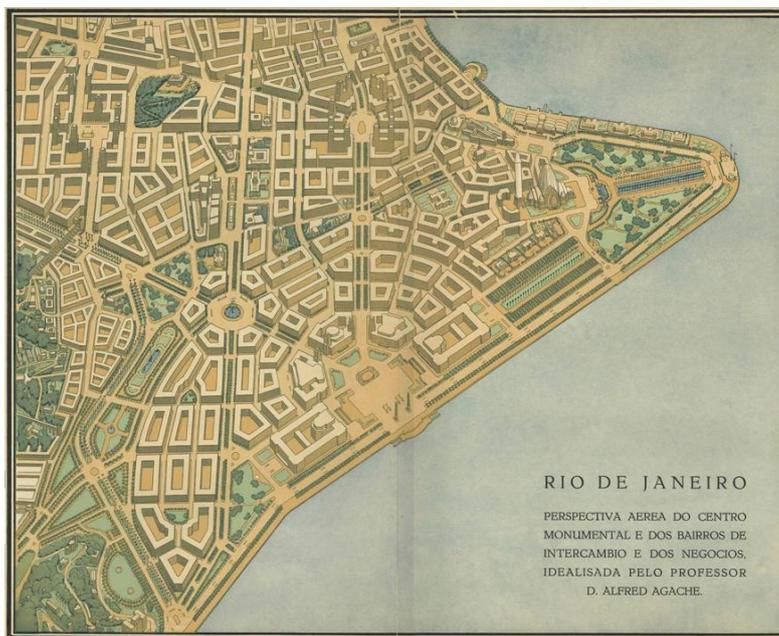
Figura 04: Figura a esquerda mapa da cidade 1875 e na figura a direita o mesmo local após a reforma urbana de Pereira Passos.



Fonte: disponível em: <https://goo.gl/rJwkrw>, acessado 02/12/2018.

Em 1930, a cidade do Rio de Janeiro, a então capital do Brasil, aprovou o seu primeiro plano diretor, princípio ainda inédito no país, conhecido como “Plano Agache” (Fig.05). O plano foi elaborado por Albert Donat Agache, que priorizava a remodelação e embelezamento da cidade, inspirado pelo modelo francês com ênfase na monumentalidade, academicismo e pelo movimento denominado City Beautiful, cuja influência advém do Plano de D. Burnham para a cidade de Chicago de 1909. Tal movimento caracterizou-se pela suntuosidade arquitetônica e ancestralidade clássica, expressas pela grandiosidade dos prédios e refinamentos dos parques públicos. O plano foi encomendado pelo presidente Rodrigues Alves ao prefeito vigente Francisco Pereira Passos e estabeleceu um planejamento físico-territorial (BERDOULAY, 2003; ALMEIDA, 2005).

Figura 05: Plano Agache que priorizava as composições de cheios e vazios, linhas e planos, a proposta foi pensada não somente para a área urbana mas também para a zona rural, industrial e subúrbios e suas ligações com as demais cidades e regiões do país.



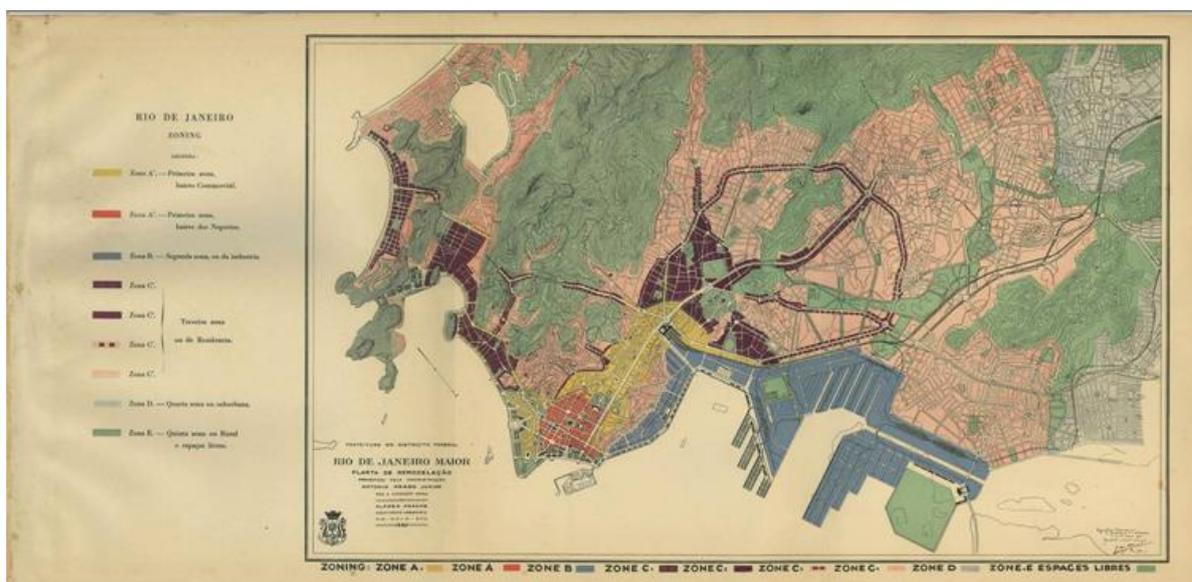
Fonte: PREFEITURA DO DISTRICTO FEDERAL; AGACHE, A. Cidade do Rio de Janeiro: Extensão-Remodelação-Embelezamento. Paris: Foyer Brésilien, 1930. Disponível em <http://planourbano.rio.rj.gov.br>, acesso em 03 /12 / 2018.

Agache considerava os espaços livres fundamentais e os chamava de “sistema respiratório” da cidade, que deveriam ser constituídos por avenidas, praças e jardins. Além disso, considerava a disposição viária como o “sistema circulatório”, pois para ele

esse sistema era responsável por repartir todos os pontos do corpo urbano a substância necessária à forma de vida, convergindo todos os acessos para o coração urbano, isto é, o centro da cidade, e a rede de esgoto como o “aparelho digestivo”.

O plano diretor foi pioneiro ao propor o uso de zoneamento a fim de buscar uma ordenação para a cidade, no qual foi proposto dividir a área urbana em zonas de utilizações diversas a fim de receberem legislação específica para cada uso: zona central, com parte comercial; zona industrial e do porto; zona de residências; zona suburbana e zona dos espaços livres e reservas arborizadas (fig.06). No plano, a legislação é anexada à parte, como forma de regulamentação, uma vez que Agache acreditava que sem a legislação seria impossível executá-lo e implementá-lo devidamente (BERDOULAY, 2003; ALMEIDA, 2005).

Figura 06: Plano Agache – zoneamento proposto, no qual pode-se observar a preocupação com a circulação das atividades bem definidas. Em termos de zonas, o centro da cidade é bem próximo do que é praticado atualmente, um centro financeiro e comercial, cercado por loteamentos residenciais. Há ainda as zonas industriais próximas aos subúrbios.



Fonte: PREFEITURA DO DISTRITO FEDERAL; AGACHE, A. Cidade do Rio de Janeiro: Extensão-Remodelação-Embelezamento. Paris: Foyer Brésilien, 1930. Disponível em <http://planourbano.rio.rj.gov.br>, acesso em 03 /12 / 2018.

Em meio às diversas mudanças sociais e expansão da cidade, em 1965, foi inaugurado o parque Burle Marx, que introduziu espécies nativas até então nunca utilizadas no paisagismo e o Parque do Flamengo (Aterro do Flamengo) (fig.07). Com o crescimento urbano acelerado, estimulado pela vitalidade econômica e progressista da

década de 60 e 70, o solo foi sendo paulatinamente impermeabilizado pelo crescimento desordenado das construções, das novas avenidas e ocupações nas encostas, suprimindo a expressiva vegetação de áreas públicas e de propriedades privadas.

Figura 07: Desenho de Burle Marx para o Parque do Flamengo.



Fonte: <http://casaocubo.com.br/aterro-do-flamengo/>, acessado em 03/12/2108.

Diante desse cenário, as primeiras legislações a favor das áreas verdes começaram a entrar em vigor em 1984, com a Lei n.º 613/84 e mais tarde com a Lei 1.196/88, nas quais se definiu que construções de uso residencial com áreas maiores que 150 m² tinham por obrigação o plantio de uma muda de árvore para cada 150 m² de área edificada. Nas construções de uso não residencial, com exclusão daquelas destinadas a uso industrial e usos especiais com área total maior que 90 m², era obrigatório o plantio de uma muda árvore para cada 90 m² ou fração de área total edificada. Nas construções destinadas a uso industrial e usos especiais com área total maior que 60 m² era obrigatório o plantio de uma muda de árvore para cada 20 m² ou fração de área total edificada. A lei ainda concedia a doação de espécies e o plantio nas áreas permeabilizadas do lote quando não havia a possibilidade no passeio em frente a edificação, sendo este dispositivo não aplicado aos loteadores que deveriam promover e custear a arborização dos logradouros implantados.

Um importante passo proposto pelo PDAU de 2016 da prefeitura do Rio de Janeiro foi a definição do conceito de áreas verdes no município na parte dedicada à promoção do meio ambiente, subseção VII, artigo 180 como: “espaços públicos ou

privados do município, com ou sem cobertura vegetal remanescente, possuindo ou não bens arquitetônicos, sob regimes diferenciados de proteção e conservação em função de seus atributos naturais, paisagísticos, históricos e culturais, tais como: a) bosques; b) corredores urbanos arborizados; c) parques urbanos; d) parques históricos; e) praças; f) jardins públicos; g) reservas de arborização; h) as áreas do Bioma de Mata Atlântica acima da cota de cem metros em todo o município; e i) demais áreas verdes públicas e privadas de interesse ambiental”. Apesar do conceito atrelar as áreas aos espaços livres, significa um avanço, uma vez que esclarece o que é entendido pelo município como cobertura vegetal urbana e sua extensão.

Além disso, o PDAU determina que as Áreas Verdes e os Espaços Livres, em conjunto com a arborização pública, integram e são elementos estruturadores da malha verde municipal, formando um contínuo que integra todos os seus componentes no território do município. No artigo 182, destaca-se o parágrafo único, que define que o planejamento e a gestão das áreas verdes e espaços livres devem estar de acordo com as normativas do Plano Diretor de Arborização Pública, do Sistema Nacional de Unidades de Conservação criado pela Lei Federal n.º 9.985 de 18 de julho de 2000 e demais normas pertinentes, estabelecendo a criação de um índice de área verde por habitante.

Entretanto, ainda é necessário o aprofundamento da Lei de PDAU, pois ela ainda não conseguiu cumprir o objetivo de estabelecer um índice de áreas verdes por habitante. Apesar da indicação de que a cada 10 metros deveria ser encontrado um indivíduo arbóreo, não há regulamentações para que se cumpra essa norma, e sim apenas uma indicação de como realizar um diagnóstico a partir da medição das condições existentes, classificando o bairro em 5 níveis: classe 1 - criticamente deficiente; classe 2 - muito deficiente; classe 3 - deficiente; classe 4 - suficientemente arborizado; e classe 5 - bem arborizado. Nos casos da não existência do ideal, o PDAU não aponta as medidas e responsabilidades para se reverter o quadro de ausência da arborização urbana.

Além disso, ressalta-se a importante de se pensar no tipo arbóreo a ser plantada, uma vez que deve ser levado em consideração nos projetos de arborização o tipo de crescimento da raiz e profundidade de forma a respeitar a particularidade de cada terreno e áreas disponíveis para o seu desenvolvimento.

b) O caso de São Paulo

Os primeiros passos no processo de valorização das áreas verdes urbanas em São Paulo aconteceram em 1826, com a criação do Jardim da Luz, atual Parque da Luz, e de outros parques criados posteriormente, seguindo a fase de embelezamento nas cidades do século XIX (fig.08).

Após esse momento de embelezamento e higienização, apenas na década de 1980, foram dados outros passos na direção da preservação das áreas verdes, a exemplo da Lei 9413/1981, que previa a reserva de 15% do total da área de loteamento para as áreas verdes, dos quais 50% seriam definidos pela Prefeitura e um só perímetro e em áreas com inclinação topográfica não superior a 30%, e as demais áreas verdes definidas pelos loteadores deveriam ter área com círculo inscrito com raio de 10 m e poderiam estar localizadas em áreas com declividade superior a 30%. A Lei 293/2001 definiu que estacionamentos com área igual ou maior que 100 m², cujo o pavimento se apoie diretamente no solo, devem ser providos de vegetação de porte arbóreo na proporção de 40 m² para cada 100 m².

Figura 08: Avenida Paulista 1981.



Fonte: <https://goo.gl/7p6W61>, acessado em 03/12/2018.

Recentemente, o novo plano diretor do município (Lei n.º 16.402, de 22 de março de 2016), dividiu o território da cidade em zonas de macrozoneamento, dividindo o município de São Paulo em: I – Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental, que trata das áreas verdes no município; II – Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, que trata das outras questões que abrange a cidade. Tratando parâmetros

específicos para cada zona de uso (ocupação, volumetria, altura e recuos das edificações, percentual de permeabilidade por terreno, tamanho de lotes, número de unidades residenciais), de forma com que cada zona de uso tenha sua distribuição feita de maneira que cada uma supra a necessidade e exclusividade de cada região (LIMA, 2017).

A criação da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental no referido plano é caracterizada pela existência de sistemas ambientais compostos por elementos e processos relacionados ao clima, solo, relevo, recursos hídricos, remanescentes florestais, biodiversidade, entre outros que, ao interagirem com elementos dos sistemas urbanos, resultam em áreas com diferentes estágios de conservação e degradação ambiental. A nova lei de zoneamento trouxe a modificação do uso das áreas verdes (zona ambiental), que anteriormente, no plano diretor de 2002 (São Paulo, Lei 13.430/2002) tinham por objetivo impedir o avanço da ocupação em áreas impróprias e de proteção ambiental. Assim, criou-se a zona mista ambiental, que permite construções populares em áreas antes proibidas. A alteração na demarcação abrange as ZMA - Zona Mista Ambiental, ZEPAM - Zona Especial de Preservação Ambiental e ZEP - Zona Especial de Preservação (São Paulo, Lei 16.402/2016) (LIMA, 2017).

Essa alteração tem por intuito organizar e legalizar loteamentos irregulares, desocupar imóveis e terrenos localizados em regiões centrais, propondo zonas que permitam a ocupação por habitações populares, conhecidas como Habitações de Interesse Social (HIS), em áreas verdes, em áreas de proteção ambiental e até em áreas de mananciais, criando as ZEIS (Zonas de Interesse Social, ZMIS (Zona Mista de Interesse Social) e ZMISa (Zona Mista de Interesse Social Ambiental) (LIMA, 2017).

O capítulo IV do plano diretor em vigência trata das áreas públicas e do sistema de áreas protegidas, das áreas verdes e dos espaços livres (SAPAVEL), classificando a área verde dentro de um conjunto de áreas protegidas e espaços livres, no qual as áreas verdes públicas são definidas como: áreas verdes implantadas ou não implantadas, que não sejam ocupadas por equipamentos sociais, com exceção de parques enquadrados como ZEPAM e ZEP, ou áreas verdes ocupadas por equipamentos sociais implantados até a data de publicação dessa lei, com exceção de parques enquadrados como ZEPAM e ZEP.

O Art. 46 da lei define que as áreas verdes para novos loteamentos e parcelamentos deverão atender às seguintes disposições: a localização de pelo menos 50% (cinquenta por cento) do percentual exigido para áreas verdes será definida pela

Prefeitura, ouvido o órgão ambiental competente, devendo tal espaço: a) ser delimitado em um só perímetro e em parcelas de terreno que, por sua configuração topográfica, não apresentem declividade superior a 30% (trinta por cento); b) ter frente mínima de 10 m (dez metros) para a via oficial de circulação; c) ter relação entre a frente e a profundidade da área verde de no máximo 1/3 (um terço). A localização do restante da área exigida para o total de áreas verdes fica a cargo do interessado e só é computada como área verde quando nela puder ser inscrito um círculo com raio de 10 m (dez metros), podendo ser localizada em parcelas de terreno que apresentem declividade superior a 30%.

A Lei 16.402/16 manteve em caráter preservativo e não alterou os parâmetros das zonas de preservação como a ZEPAM (Zona Especial de Proteção Ambiental) e a Zona Especial de Preservação (ZEP), localizadas nas regiões com as maiores áreas verdes do município, porém agora com uma redução significativa de seu perímetro. Em seu texto, a lei de zoneamento (São Paulo, Lei 16.402/2016) trouxe um novo instrumento, chamado de Quota Ambiental, que obriga o plantio de árvores, de áreas ajardinadas, cobertura e muro verde no próprio terreno em que se construirá uma edificação. Entretanto, tal medida é obrigatória apenas para novos lotes com área maior que 500 m², sendo que a taxa de área destinada às áreas verdes varia em função do tamanho do lote e de sua localização (LIMA, 2017). É um avanço restrito a novos empreendimentos, o que irá demorar para aparecer como benefício da quota ambiental na paisagem urbana.

Porém, o grande marco para criação, manutenção e gerenciamento das áreas verdes e arborização foi a elaboração do Manual de Arborização, concebido pela Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) e a Secretaria Municipal das Subprefeituras (SMSP).

Criado em 2006, o Plano Municipal de Arborização Urbana de São Paulo (Lei 14.186/2006) institui como áreas verdes urbanas: as áreas verdes públicas, compostas pelo rol de logradouros públicos destinados ao lazer e recreação ou que proporcionem ocasiões de encontro e convívio direto com espaços não construídos ou arborizados; as áreas verdes privadas, compostas por remanescentes vegetais significativos incorporados aos interstícios da malha urbana, podendo ter sua utilização normatizada por legislação específica de forma a garantir a sua conservação; a arborização de ruas e vias públicas.

O manual propõe o uso da ferramenta “chave arborizar”, que busca orientar quanto ao porte, arquitetura da copa, diâmetro máximo do tronco, no qual indica as espécies de acordo com a largura da calçada, existência de rede elétrica aérea, recuo do imóvel, distância de equipamentos e tipos de via pública existentes.

A ferramenta é um certo avanço, pois propõe parâmetros quanto ao plantio e manutenção da vegetação arbórea. Por exemplo, o manual indica alguns exemplos de desenho urbano de calçada e a implantação da arborização urbana, por exemplo, a necessidade da calçada possuir no mínimo 1,90 m de largura a fim de respeitar a legislação vigente ao espaço livre de circulação de 1,20 m (Decreto n.º 52.903/12, art. 14º §1) e mínimo de 70 cm para a instalação de equipamento e mobiliário urbano (Decreto n.º 45.904/05, art. 7º), pois é a partir da calçada que será definida a largura do canteiro para plantio da árvore (fig. 09).

Figura 09: Tabela que define o canteiro para o plantio de arborização de acordo com a calçada.

Tabela 01. Dimensões de passeio, canteiro e diâmetro de tronco

Largura do passeio (m)	Largura mínima do canteiro (m) ^B	Área mínima do canteiro (m ²) ^C	DAP ^A máximo (m)
Menor que 1,90	Não é recomendado o plantio de árvores		
1,90 a 2,09	0,60	0,60	Até 0,50
2,10 a 2,39	0,80	0,80	Até 0,70
2,40 a 2,79	1,00	1,20	Até 0,90
Maior que 2,80	1,40	2,00	Até 1,20

Fonte: Manual de Arborização de São Paulo, 2006, pag. 24.

O manual faz uma breve indicação de arborização para os lotes privados, no qual indica o porte das árvores e exemplares existentes, mas deixa claro que a arborização a ser implantada ou a localização da mesma vai depender da escolha do proprietário.

O manual indica a existência de um banco de dados na plataforma web, a SISGAU, no qual há um cadastramento, inventário e gerenciamento da arborização em São Paulo, por meio de um programa de geoprocessamento que possibilite cadastrar todos os dados georreferenciados e estatísticas referentes às árvores urbanas e áreas verdes urbanas localizadas no âmbito do município de São Paulo. O PDAU define que o

Sistema de Áreas Verdes do município deve obedecer a padrões urbanísticos e de reurbanização, tendo em vista a Lei de Zoneamento Municipal.

O manual elaborado para São Paulo é bastante interessante em termos de orientações para o executor que irá realizar a arborização, principalmente quanto à escolha da espécie mais adequada. A ferramenta “chave arborizar” é apenas uma orientação e não tem caráter legal, mas contribui para a elaboração de projetos de acordo com a realidade encontrada, favorecendo sucesso na implantação, manutenção e gerenciamento da arborização urbana. O manual não indica a proporção de áreas verdes, ou de arborização ideal por habitante, ou por área construída. Além disso, as áreas verdes de grandes extensões continuam concentradas, e não há mecanismos que favoreçam que as manchas urbanas sejam distribuídas na paisagem urbana, o que poderia criar condições mais difusas da qualidade ambiental.

c) O caso de Belo Horizonte

A preocupação com as áreas verdes e a arborização em Belo Horizonte remonta da criação da cidade no final do século XIX, sendo conhecida como “cidade jardim”, pois seguia os princípios positivistas e de desenho urbano propostos por Ebenezer Howard³. O município teve sua concepção baseada pelo princípio hussmanniano⁴ e de centralidade advindo das cidades europeias, a partir dos conceitos higienista e progressista da época, sendo considerada uma das capitais mais arborizadas do país⁵.

O engenheiro Aarão Reis, responsável pelo projeto da cidade, tinha a preocupação de proporcionar 4,6 m² de área verde e lazer por habitante (a cidade na época foi projetada para receber 200.000 habitantes), inseridos dentro da Avenida do Contorno (que representava o limite territorial da área urbana prevista para a cidade) (fig.10). Belo Horizonte tem hoje cerca de 18 m² de áreas verdes por habitante, mas apesar do número ser superior ao proposto inicialmente pelo projeto de Aarão Reis, isso

³ Ebenezer Howard foi um pré-urbanista, conhecido pela proposta de Cidades Jardins, a fim de resolver problemas de insalubridade, pobreza e poluição nas cidades, por meio do desenho urbano com dimensões controladas, buscando estreitar a relação cidade-campo. Quando a cidade atingisse sua capacidade de suporte, novas cidades deveriam ser projetadas (CHOAY, 1998).

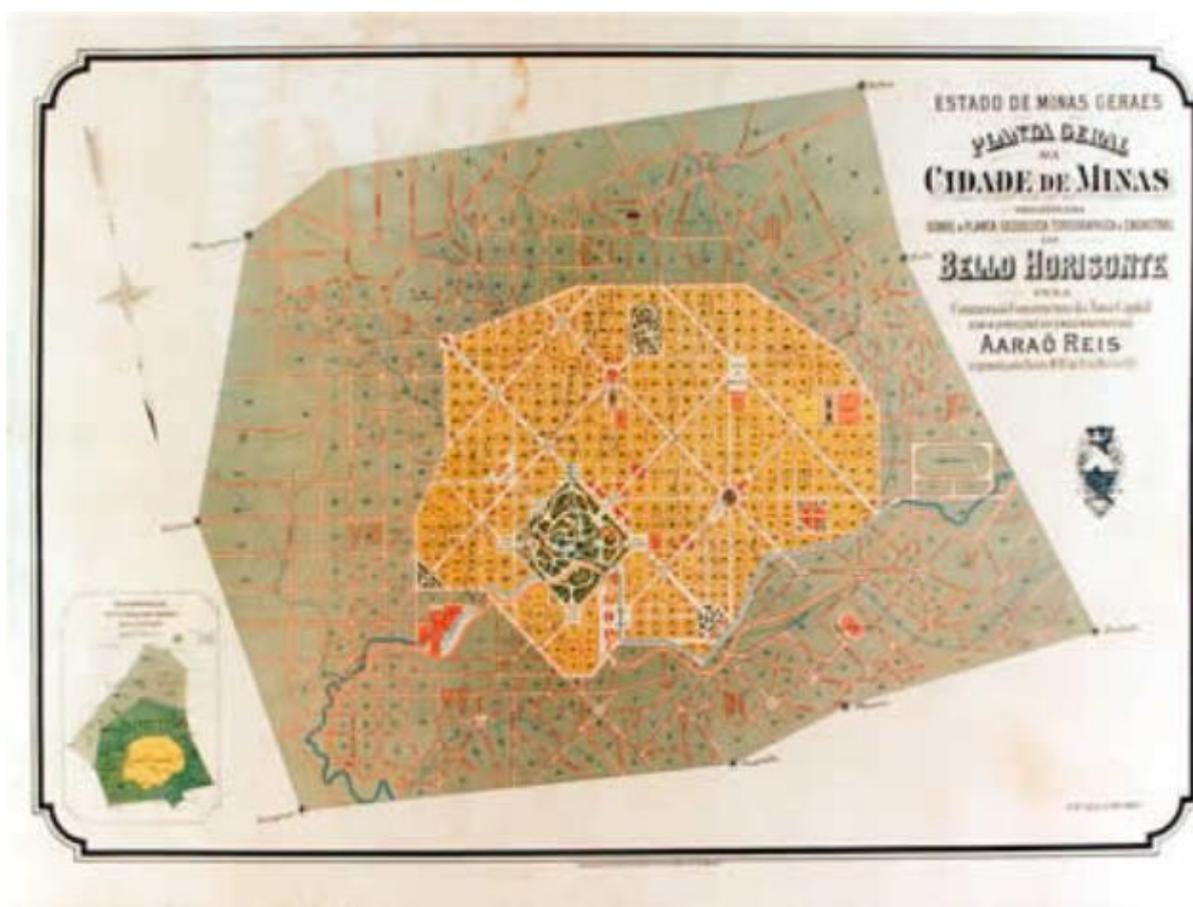
⁴ Refere-se às intervenções realizadas em Paris, no Segundo Império, por ordem de Napoleão III e sob a direção de seu prefeito, Barão Georges-Eugène Haussmann, entre 1853 e 1870, nas quais propunham-se a demolição de bairros medievais, considerados superlotados e insalubres pelas autoridades, para a construção de avenidas largas, novos parques e praças à anexação dos subúrbios em torno de Paris.

⁵ A cidade de Belo Horizonte está na terceira posição com 83% de arborização, de acordo com Treepedia, Instituto de Tecnologia de Massachusetts e o censo demográfico de 2010.

não significa que essas áreas estejam espacialmente distribuídas de forma igualitária por todas as regiões que formam o município (MONT-MOR, 2006; ARRAIS, 2010; CASTANHEIRA et al., 2017).

A primeira vez que a palavra “áreas verdes” aparece é no Plano Diretor de Belo Horizonte, aprovado em 1996 (PDBH, Lei nº 7.165/1996) e revisto nos anos 2000 e 2010. O art. 6º, que trata a questão da melhoria das condições de vida no município, item VIII, aborda a ocupação inadequada, sendo as “áreas verdes” tratadas como objeto estratégico para o desenvolvimento urbano. As áreas verdes no plano diretor são consideradas princípio fundamental da Política Municipal de Meio Ambiente, no qual se propõe protegê-las das ameaças de degradação, de forma a assegurar a sustentabilidade da fauna e da flora.

Figura 10: Planta geral de Belo Horizonte projetada por Aarão Reis de 1895.



Fonte: <https://goo.gl/XRjvhQ>, acessado em 04/12/2018.

O Plano Diretor de Belo Horizonte dedica uma subseção ao Meio Ambiente, ditando diretrizes para delimitar espaços apropriados que tenham características e

potencialidade para se tornarem áreas verdes, viabilizando a arborização em logradouros em regiões carentes de áreas verdes, de forma a recuperá-las e recompô-las, por meio da instalação de parques e praças. O plano dá prioridade para a criação dessas áreas verdes nas regionais administrativas que não atingiram o previsto na lei, que é de 12 m² de área verde por habitante, o que é um avanço se comparado a outros planos diretores que tocam nesse quesito sem estabelecer um parâmetro a ser aplicado.

O PDBH propõe a elaboração de um Plano Diretor de Áreas Verdes e Arborização da cidade, de forma a caracterizar e mapear as áreas existentes, e sugere parcerias com a iniciativa privada para implantação e manutenção das áreas verdes, buscando também ações de resgate ou recuperação dessas áreas, como é o exemplo do Projeto Adote o Verde, no qual o adotante se compromete a manter as áreas verdes adotadas limpas e preservadas, e à Prefeitura, cabe o desenvolvimento do projeto de implantação ou reforma, o pagamento de contas de água e luz, o apoio técnico e permissão para colocação e placa no local adotado, divulgando a parceria (<https://goo.gl/y1DqBs>, acessado em 19/11/2018).

No PD, o art. 23 inciso V demonstra preocupação com o Fundo de Vale, incentivando a implantação de corredores para práticas de atividade física pela população, em condições arborizadas, além do direito à preempção, previsto no Estatuto das Cidades para criação de áreas verdes.

Quanto à Lei de Uso e Ocupação do Solo do município, as áreas verdes são muitas vezes tratadas como espaços livres, como na seção que trata do loteamento (art. 21) que define o percentual de 15% da gleba para instalação de equipamentos urbanos e comunitários e espaços livres de uso público, e no parágrafo 4º que diz que “espaços livres de uso público são as áreas verdes, as praças e os similares”.

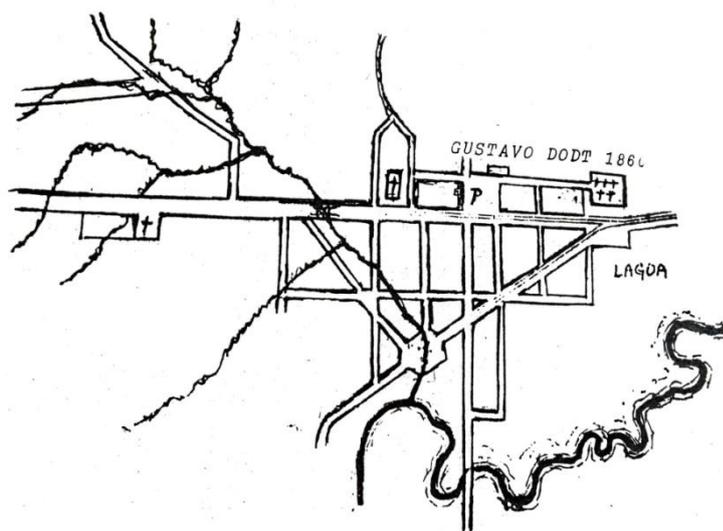
Em 2011, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMABH), em parceria com a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e em parceria com a Universidade Federal de Lavras, iniciou o projeto de Inventário das Árvores de Belo Horizonte, que visa identificar e monitorar os indivíduos arbóreos viários existentes no município, de forma a criar e manter o registro do acervo existente, processo que está em andamento com 60% já concluído (Fonte: Prefeitura de Belo Horizonte - <https://goo.gl/R2vgP1>, acessado em 20/11/2018).

d) O caso de Juiz De Fora

As primeiras iniciativas para o planejamento urbano de Juiz de Fora foi através do engenheiro Gustavo Dodt, responsável por elaborar o primeiro levantamento oficial da planta da cidade, em 1860 (fig.11).

Devido a problemas entre o engenheiro e a Comissão de Obras Públicas da cidade, entretanto, a planta não foi seguida à risca pelas administrações de 1861-64. Somente em 1870, já reconhecida como a terceira província em arrecadação de impostos, o pequeno povoado alcançou ares de cidade moderna, ganhando um plano de demarcação e nivelamento de ruas, telégrafo, banco, bondes, a primeira cervejaria, a primeira estação telefônica entre outras melhorias (LESSA, 1985).

Figura 11: Planta da cidade de Gustavo Dodt, 1860.

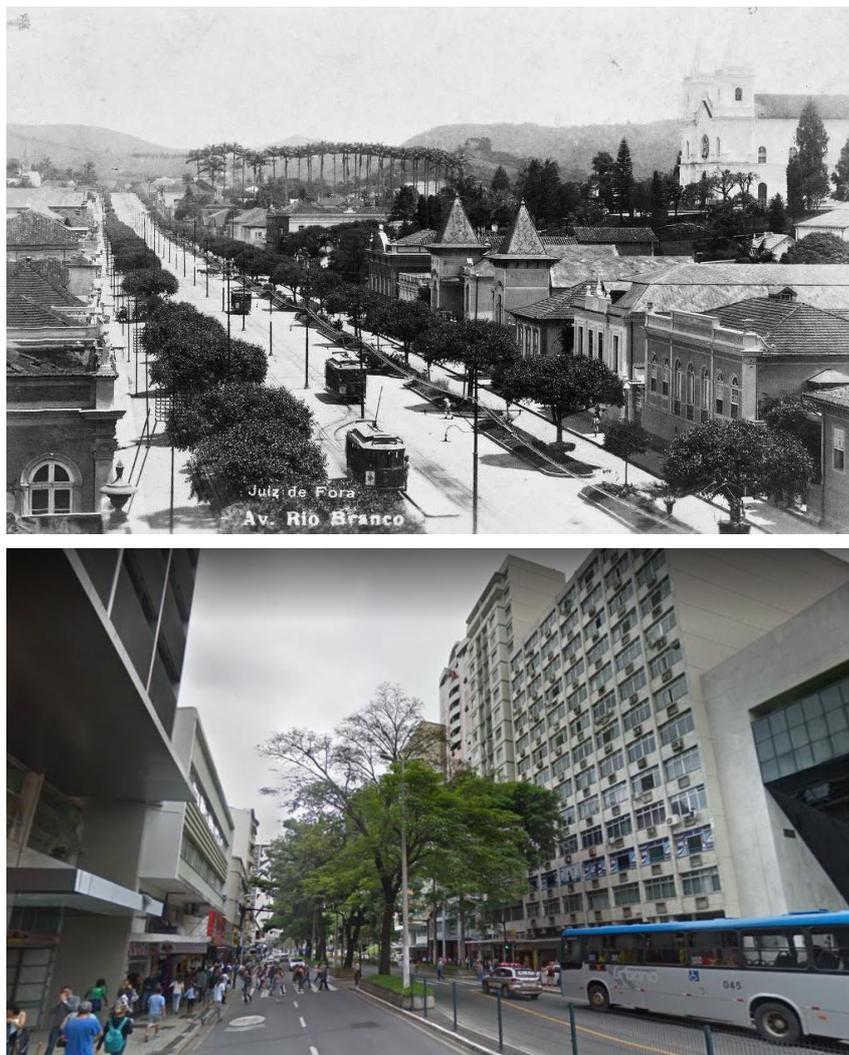


Fonte: Retirado de Lessa, 1985.

Em 1916, as ruas da cidade receberam calçamento e foram abertas novas vias contando com redes de água e esgoto, com finalidade de melhorar o aspecto urbanístico da cidade, no qual proibia-se por lei a construção de prédios térreos na chamada Zona Central e premiavam-se com isenção de impostos aqueles que construíssem casas com mais de dois pavimentos. No ano de 1934, a cidade realizou importante avanço quanto à regulamentação urbana, quando foram realizados no município serviços relativos ao abastecimento de água, ajardinamento de vias e largos, construção de praças com desapropriação de prédios existentes, construções de pontes, abertura e calçamento de

várias ruas, elaboração do Código Tributário e, principalmente, do Código de Obras (Decreto Lei nº 23) (OLIVEIRA, 1953; LESSA, 1985; TASCA, 2010).

Figura 12: A primeira imagem é uma foto da Av. Rio Branco, em 1920, na qual é possível avistar de longe a Catedral Metropolitana da cidade, e a segunda foto é uma imagem da cidade, no ano 2017, já não é possível avistar a Catedral, que é tomada na paisagem por altos edifícios.



Fonte primeira imagem: Skyscrapercity, <https://goo.gl/1nk3sX>, acessado em 04/12/2018 e fonte segunda imagem: retirado do Google maps, <https://goo.gl/DCeh1p>, acessado em 07/12/2018.

O Código de Obras tinha como objetivo principal normatizar as edificações e apresentar um princípio de zoneamento urbano, mas a maioria de seus capítulos foram voltados para as normas edilícias, licenças, obrigações profissionais, construções (materiais, expedição de alvarás), demolições, estética dos edifícios, mobiliários urbanos (postes, relógios, estátuas, letreiros, banco de praças, etc.), estrutura das edificações e uma preocupação com a arborização, influenciado pelo pensamento da época de

embelezamento das cidades (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUIZ DE FORA, 1938; TASCA, 2010).

A cidade permaneceu com o mesmo Código de Obras, de 1938 até 1986, isto é, 48 anos com a mesma legislação, até ser elaborada a Legislação Urbana Básica, que passou a funcionar como instrumento planejador de crescimento, inovando com a criação da COMUS (Comissão de Uso e Ocupação do Solo), que continha três leis base: a 6.908/86, dispendo sobre o parcelamento do solo; a 6.909/86, sobre o Código de Obras e a 6.910/86, sobre o Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo.

Essas leis tinham como objetivo limitar a desordenada expansão urbana, promovendo o crescimento no sentido norte da cidade na busca de desconcentrar as áreas já saturadas e consolidadas, por meio de novos loteamentos residências e comerciais. Somente em 1996, começou a elaboração do primeiro Plano Diretor de Juiz de Fora.

Porém, o primeiro Plano Diretor de Juiz de Fora só foi instituído no ano de 2000, denominado de Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano – PDDU, e se limitou a tratar basicamente da área urbana do município. O PDDU começou a ser formulado e proposto, em 1996, pelo extinto IPPLAN (Instituto de Pesquisa e Planejamento), órgão que tinha a finalidade de propor ações e políticas públicas para o município. Em 2000, o órgão foi substituído pela Secretaria de Planejamento e Gestão Estratégica (SPGE), que assumiu a responsabilidade de gerenciar as ações do IPPLAN, ficando responsável por elaborar e aprovar a proposta final do PDDU, naquele mesmo ano.

O PDDU de 2000 de Juiz de Fora é uma revisão das Leis Urbanísticas de 1986, estruturado em quatro volumes:

- Diagnóstico, que relatava a evolução histórica da cidade, seguindo sua organização territorial e caracterização geofísica e socioeconômica, além da apresentação da produção do espaço urbano, estruturação espacial urbana (distribuição da população, das atividades econômicas, expansão e adensamento, infraestrutura e serviços urbanos, legislação urbana, bens de interesse histórico, arquitetônico e cultural) e qualidade ambiental, de vida e áreas de ocupação subnormal;
- Proposições, definindo questões de ordenamento do solo (organização territorial, macrozoneamento, áreas de especial interesse ambiental, social e urbanístico, modelos de parcelamento do solo, zoneamento do uso e ocupação do solo, projeto de programas especiais,

plano de limpeza urbana, compatibilização com outros planos setoriais, gestão ambiental (propostas e instrumentos), gestão municipal, plano diretor (dispositivos legais, princípios de gestão, modelo institucional, instrumentos para implantação de política e gestão municipal;

- Anexos, apresentam cenários econômico-espaciais; projetos de leis, apresentando Lei do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Juiz de Fora, Lei do Parcelamento e do Uso e Ocupação do Solo e Lei de Contribuição e Melhoria.

O PDDU não foi aprovado na íntegra, mantendo apenas os volumes de diagnóstico físico-territorial e o volume de proposições, não havendo novas propostas para a Lei de Uso e Ocupação do Solo, deixando vigorar a lei proposta em 1986. Ou seja, na prática, a revisão que deveria ter acontecido nas leis 6.908/86 (Leis de Parcelamento) e 6.910/86 (Lei de Uso e Ocupação), respectivamente relativas à preservação do meio ambiente, à preservação do patrimônio cultural e reordenamento de conceitos de zoneamento, continuaram a vigorar no PDDU de 2000 (TASCA, 2010).

No que se refere às áreas verdes urbanas, a Lei de Uso e Ocupação do Solo criou zonas especiais por meio de leis e decretos, que impõem limitações urbanísticas específicas, com vistas à preservação de recursos naturais, patrimônio histórico e arquitetônico, proteção ambiental e ecológica, proteção da saúde pública, segurança pública ou implantação de empreendimentos de cunho institucional, ou seja, protege grandes fragmentos de vegetação, lei prevista já no Código Florestal de 1965.

Além disso, outra lei federal de 1981, Lei n.º 6.938 (que posteriormente foi alterada pela Lei n.º 12.651 de 2012), que dispunha sobre a Política do Meio Ambiente e regulamentava as Áreas de Preservação Permanente (APPs), começou a ser aplicada nos novos empreendimentos para identificação das áreas destinadas às APPs nos novos loteamentos da cidade. No ano 2000, com a Lei n.º 9.896, é criado o Código Ambiental Municipal e a Área Verde Especial, também destinados a preservarem as áreas verdes em novos loteamentos, com destinação ao uso público, demonstrado no estudo de Rodrigues e Alberto, 2018 (fig.13).

Figura 13: Planta do loteamento do bairro Parque Imperial e imagem atual da região com destaque para a área reservada de APP doada à Prefeitura de Juiz de Fora.



Fonte: Klaus Alberto, <https://goo.gl/5vv7yf>, acessado em 04/12/2018.

Assim, as iniciativas quanto às áreas verdes no município ficaram ainda restritas aos novos empreendimentos e não necessariamente incorporadas ao tecido urbano já consolidado, não havendo avanço nas leis destinadas às áreas verdes urbanas na cidade como elemento de promoção da qualidade de vida. Além disso, não há um parâmetro na cidade de áreas verdes por habitante, como definido em Belo Horizonte, que propõe a proporção de 12 m² de área verde por área construída. Por conta disso, a paisagem atual de Juiz de Fora é bem heterogênea, com algumas áreas que concentram o verde.

Araújo e Costa (2014) realizaram estudo sobre as condições existentes do índice de área verde (IAV) das 81 Regiões Urbanas (RU) definidas no PDDU de Juiz de Fora (Lei municipal 4219/89). Segundo os autores, foram retiradas do estudo as áreas privadas e as reservas biológicas de visitação vetadas ao público, uma vez que se pretendia estudar as áreas verdes de acesso livre ao público. Como resultado, 48 RUs tinham IAV igual a zero, não apresentando sequer o mínimo de 15 m² de área verde por habitante, preconizado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, e somente 2 RUs apresentavam IAV superior a 15 m²/hab. Além disso, RUs densamente povoadas apresentavam IAV de até 3 m²/hab. O IAV total das 81 RUs da cidade foi de 4,7 m²/hab.

Araújo e Costa (2014) apontam ainda que as diretrizes do PDDU, no que tange a arborização urbana, estão no item VII, que indica “implantar ou ativar a arborização urbana”. O documento, no item XIX, artigo 6º, define a finalidade, objetivos e competências do COMDEMA como “propor normas para elaboração e elaborar, de forma integrada e articulada, planos, programas e projetos de arborização urbana, unidades de

conservação e planos de manejo dessas unidades”, o que ainda é uma realidade distante para o conjunto da cidade, reforçando a necessidade de se pensar e promover o verde no município.

e) Desafios para introdução da questão das áreas verdes na legislação urbana brasileira

Partindo dos exemplos do Rio de Janeiro, São Paulo, Belo Horizonte e Juiz de Fora a respeito do tratamento dado às áreas verdes nos seus respectivos planos diretores e de arborização urbana, foi possível perceber que ainda são necessários avanços no tocante à criação de parâmetros de arborização para manutenção, criação e proteção das áreas verdes urbanas. Há também o problema de ambiguidade de conceitos e definições sobre o que sejam áreas verdes urbanas, pois a grande maioria confunde áreas verdes urbanas com o conceito de espaço livre, espaço gramado, ou outros. Há também muita incongruência na definição do ideal de áreas verde/habitante.

Apesar do Rio de Janeiro ter como objetivo gerar um índice de áreas verdes por habitante, o município ainda não conseguiu alcançar essa meta e nem mesmo viabilizar uma lei para a criação e manutenção de arborização a cada 10 metros nos logradouros. O máximo que o Plano de Arborização Urbana consegue é diagnosticar as áreas, classificando quanto a presença ou não de arborização.

No caso de São Paulo, apesar do avanço quanto à criação das macrozonas de interesse ambiental, o plano retrocede quando viabiliza a construção de habitações de interesse social, em áreas de proteção ambiental. Além disso, a Quota Ambiental criada para promover as áreas verdes na cidade fica restrita aos novos empreendimentos, sem afetar de modo significativo as áreas já consolidadas com as novas medidas, gerando pouco impacto na paisagem atual dessas áreas.

O Plano Diretor de Belo Horizonte, apesar da prioridade para criação de áreas verdes nas regionais que não atingiram o ideal de 12 m² de áreas verdes por habitante, de ter promovido parcerias entre as iniciativas públicas e privadas e ter apresentado preocupação com os fundos de vale, ainda não tem uma definição clara do conceito de áreas verdes urbanas. Além disso, o inventário de arborização urbana da cidade tem caráter de diagnóstico, sem efetiva intervenção para a promoção de arborização e melhoria na paisagem. Vale ainda ressaltar que, apesar da cidade ser considerada pelo censo de 2010 a terceira melhor cidade com áreas verdes no Brasil, isso acontece de forma concentrada, sem estar efetivamente pulverizada na paisagem urbana.

A realidade vivenciada por Juiz de Fora quanto à ausência de áreas verdes urbanas ou quanto à heterogeneidade do verde na paisagem não é muito diferente de outras cidades de médio porte⁶ no Brasil, como demonstrado nos estudos de Harder et al. (2006), que encontraram um IAV de 2,19 m²/hab. para as praças da cidade de Vinhedo/SP, de Oliveira (1996), que mediu um índice de arborização das ruas de São Carlos/SP de 2,65 m²/hab., de Zanin (2002), que estudou Erechim/RS e indicou a existência de 4,7 m²/hab. e de Rosset (2005), que mediu 3,6 m²/hab. Para a mesma cidade, usando métodos diferentes.

Desta forma, ressalta-se a importância de estudos que não só diagnostiquem a presença de áreas verdes urbanas, mas que também criem ferramentas para proposição de manutenção e conservação das áreas verdes urbanas, por meio de parâmetros a serem adotados que reflitam a realidade de cada município, de forma a tornar sua implantação mais alcançável, contextualizada e individualizada. Assim o presente estudo busca contribuir por meio da proposição de uma metodologia de identificação e caracterização dos fragmentos de vegetação (robusta, arbustiva e gramínea), por meio da proposição de métricas e parâmetros que promovam as áreas verdes urbanas.

2.2 Parâmetros sob o ponto de vista dos planos diretores

Os modelos de gestão e controle da produção da paisagem nas cidades brasileiras são bastante morfométricos, apoiados na definição de parâmetros geométricos da ocupação do lote (Moura, 2013, Moura et. al, 2014). Parâmetro, segundo Nogueira (2018), pode ser entendido como “elemento cuja variação de valores modifica a solução de um problema, sem, contudo, modificar sua natureza” (p.49), servindo de base, regra ou padrão. Parametrizar é definir variáveis principais que sejam valor para uma coletividade e acordar os limites de valores e as condições de emprego dessas variáveis. No contexto do urbanismo, serve de princípio para a construção de uma realidade desejada, isto é, a partir dos estabelecimentos que caracterizam um conjunto (realidade), surgem os modelos de simplificação da realidade (NOGUEIRA, 2018).

⁶ Segundo o IBGE, cidades de médio porte variam de 100 a 500 mil habitantes. Fonte: https://ww2.ibge.gov.br/confest_e_confefe/pesquisa_trabalhos/arquivosPDF/M593_01.pdf, acessado em 04/12/2018.

A parametrização urbana tornou-se o principal instrumento de planejamento urbano, no início do século XX, constituindo a paisagem urbana a partir da conformação do que é executado no lote, feito de forma individual e segmentada. Castro et al. (2018) apontam que o parâmetro urbano surge como uma possibilidade de tornar explícito um modelo que tenha como o princípio a regra, e não a exceção, de forma a dar garantias de um planejamento amplo, que gerencie conflitos, devendo ser o mais abrangente possível, uma vez que decodifica interesses individuais e coletivos que atuam no solo urbano.

No início das formações urbanas, os parâmetros eram limitados em seu escopo e visavam garantir condições salubres e uniformes para o tecido urbano, por meio de normativas, atos legais que refletissem as inclinações da vida diária das pessoas ou de um comportamento coletivo. Fonseca et al. (2016) apontam que dentre os parâmetros que moldam a paisagem por meio das edificações destacam-se os afastamentos em relação as divisas, as taxas de ocupação do lote, as alturas máximas nas divisas, a taxa de permeabilidade, coeficiente de aproveitamento e, em alguns municípios, aplica-se também a cota de terreno por unidade, a fim de controlar a densidade ocupacional. Assim, esses parâmetros compõem os envelopes máximos da ocupação do lote, no qual é proposto um design que atenda a modelagem morfológica.

Dentro da perspectiva dos planos diretores, os parâmetros propõem-se a estabelecer modelos do esperado para as condições urbanas, isto é, apresentam padrões para a paisagem que se tem expectativa em alcançar, uma vez que os planos diretores regulam e norteiam os direcionamentos de crescimento, tanto vertical quanto horizontal das cidades, definindo usos e funções (MOURA, 2010; MAGALHÃES, 2013, NOGUEIRA, 2018). Mas muitas vezes se restringem a futuras implantações, deixando de lado as edificações já consolidadas.

A exemplo da evolução do uso de parâmetros pelos planos diretores no Brasil, podemos citar os estudos de Nogueira (2018), no qual a autora descreve a evolução geral da intenção de controlar a paisagem no Brasil, desde a colonização, por meio das primeiras regulações a respeito das aberturas das casas, acessos, estruturas, telhados e afastamentos, passando pelos primeiros parâmetros que definiam o traçado de praças, lotes, ruas, calçadas e quadras. A partir do Brasil Império, chega-se aos parâmetros morfométricos, contidos no Código de Posturas, sustentado até 1910, quando o zoneamento torna-se um instrumento de regulação no país, consolidado pelo Código de

Obras, até a década de 70, quando se tem as primeiras leis de uso e ocupação do solo, propostas em São Paulo.

Nesse sentido, recentemente, a Prefeitura de São Paulo criou novos parâmetros urbanísticos de uso e ocupação do solo, chamados Quota Ambiental e Taxa de Permeabilidade Mínima (Lei n.º 16.402/2016 e Decreto n.º 57.565), que têm por finalidade promover a qualificação ambiental, em especial a melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, melhoria do microclima e ampliação da vegetação em cada nova edificação, ou reforma de uma edificação, uma forma de fazer com que cada lote na cidade contribua para a melhoria ambiental.

A quota é dada pelo cálculo do indicador Cobertura Vegetal, elevado a fatores de ponderação, multiplicado pelo indicador Drenagem, elevado a fatores de ponderação, de acordo com uma tabela na lei. O que a diferencia a taxa de permeabilidade é que passam a ser consideradas no cálculo coberturas vegetais em outros pavimentos, que não necessariamente estejam no pavimento térreo.

Entretanto, em alguns projetos que são aplicados à quota foram implementados paredes e telhados vegetados, áreas ajardinadas e assim por diante, o que não necessariamente se traduz em cobertura vegetal de qualidade (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2016). Assim, apesar da quota cumprir alguma expectativa de área verde, está longe de tratar o volume vegetado que de fato promove as melhorias no ambiente urbano, principalmente por ser um instrumento que tem como principal motivação a permeabilidade do solo, e não necessariamente a promoção do verde, pois quanto maior a infiltração da água pluvial dentro do lote, maior será o fator de ponderação da área na quota ambiental. Em outras palavras, reservatórios de água pluvial, sejam para o aproveitamento dentro do lote, sejam para o amortecimento em dias de chuvas fortes, possuem grande contribuição à quota ambiental, mas não podem ser vistos como áreas verdes propriamente ditas.

Assim, definido o conceito de parâmetro urbanístico, esta tese busca a delimitação e a proposição de novas variáveis e seus valores de referência, que possam ser apresentadas na forma de parâmetros que incluam de fato a questão das áreas verdes urbanas, por meio da contribuição aos planos diretores, tanto no parâmetro bidimensional, atendendo às necessidades da permeabilidade, quanto no parâmetro tridimensional, considerando a vegetação que faz a diferença na paisagem e na ambiência.

2.3. Métricas propostas pela Ecologia da Paisagem e suas contribuições para os estudos de áreas verdes urbanas

O conceito de métricas é relativo à medida, limite ou referência do que seria aceitável ou não, estabelecido por meio de classificações e/ou consenso no meio técnico e científico (ROCHA et. al, 2016). Quando relacionamos as métricas aos estudos da Ecologia da Paisagem, chegamos nas Métricas da Paisagem, que se referem às medidas ideais de fragmentos, no que tange ao tamanho, densidade, isolamento e complexidade da forma, das manchas de vegetação. A quantificação e modelagem da conformação da paisagem favorecem melhor entendimento e ganho de informação sobre o arranjo das tipologias da paisagem (BORGES et. al., 2010; ROCHA et. al, 2016).

Há uma vasta literatura científica sobre o tema de métricas de paisagem aplicadas à cobertura vegetal (BENNETT, 2003; NOSS, 1987 e 1992; FORMAN, BAUDRY, 1984; LANG, BLASCHKE, 2009; TURNER, GARDER, 1991; MCGARIGAL et al., 2012, FORMAN, GODRON, 1986; BORGES et al., 2010; MOURA, 2010; REMPEL et al., 2012; FONSECA et al., 2015). Contudo, esta pesquisa se mostra inovadora ao aplicar esses conceitos à cobertura vegetal urbana expressiva, considerada importante indicador da condição ambiental, uma vez que protege o solo, reduz o transporte de sedimentos, assoreamento dos recursos hídricos e contribui para a manutenção da diversidade biológica, além de estar relacionada à manutenção da qualidade e valor estético, hortas urbanas e o auxílio no controle das ilhas de calor (CEMIN, REMPEL, 2005; LOBODA, ANGELIS, 2005; FALCÓN, 2007; SIRKS, 2008).

As Métricas de Paisagem foram inicialmente propostas pelos estudos da Ecologia da Paisagem e da Biologia da Conservação, visando identificar e caracterizar os fragmentos mais adequados para a conservação ambiental e compor os arranjos espaciais necessários para alcançar a biodiversidade, o equilíbrio de espécies e o de fluxo gênico (FORMAN e GORDAN, 1986). Os fragmentos (ou manchas) de vegetação são escolhidos de modo a formarem corredores ecológicos em equilíbrio com a ocupação antrópica no território, sendo analisados a matriz (que consiste no elemento que tem o domínio da paisagem, que ocupa a área considerável da paisagem); as manchas (que são fragmentos não lineares que interrompem a matriz); e os corredores (que são elementos lineares de aparente homogeneidade e distinguíveis da matriz). A presença de pelo menos dois desses três elementos constitui o mosaico da paisagem (METZFER, 2001; FORMAN e GORDAN, 1986; FONSECA et. al., 2015; VASCONCELLOS, 2015).

A Ecologia da Paisagem “permite aplicar procedimentos analíticos que conduzem a observação, sistematização e análise combinada dos múltiplos elementos interatuantes no ambiente, uma vez que ela considera a heterogeneidade de uma área formada pelos diversos atributos como um objeto único de estudo” (VASCONCELLOS, 2015, p.48). A paisagem é objeto central do estudo, na qual são avaliadas as conexões entre fragmentos de vegetação e os demais usos do solo, de modo que, no caso dos estudos urbanos, o objetivo é buscar as condições que favoreçam as qualidades desses espaços.

Os estudos de mensuração dos componentes da paisagem, segundo a metodologia de Ecologia da Paisagem, visam identificar e avaliar as melhores condições para a conservação ambiental das matas, a partir do estudo do mosaico da paisagem, identificando os padrões espaciais existentes segundo suas dinâmicas e relações. A Ecologia da Paisagem considera as relações espaciais como condicionantes aos processos ecológicos.

No campo da literatura, o livro mais conhecido que aborda esse tema é o *Landscape Ecology* de Forman e Gordon (1986), que descreve a Ecologia da Paisagem como “the study of structure, function, and change in a heterogeneous land area composed of interacting ecosystems” (p.595). Esse conceito é sintetizado por Turner e Gardner (1991, p.5) por meio do entendimento de três elementos:

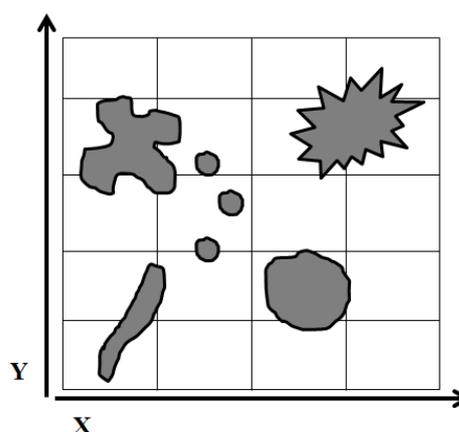
- Estrutura - que aborda a relação espacial entre os diferentes elementos do ecossistema, seja pela distribuição energética, materiais e espécies, em relação a tamanho, forma, quantidade, tipos de configuração de seus componentes;
- Função - a interação de seus elementos, por meio do fluxo de energia, matéria e organismos entre os componentes do ecossistema;
- Transformação - que trata da alteração na estrutura e função do mosaico, ao longo do tempo.

Os estudos de Ecologia da Paisagem, aplicados ao contexto urbano, começaram a ser desenvolvidos, na década de 1960, com J. Forrester, F. Steams e H.T. Odum. Os autores relacionavam as abordagens dos estudos dos sistemas urbanos ao ecossistema humano. Em 1990, a Ecologia da Paisagem começou a abordar a paisagem urbana, não somente as áreas florestadas, com os estudos sobre a aplicação dos conceitos de sustentabilidade e resiliência no contexto urbano, serviços ecossistêmicos, bem-estar das pessoas. A Ecologia da Paisagem passou a abordar, de forma mais recorrente, o

contexto urbano em seus estudos, permitindo a compreensão de como as mudanças nos padrões espaciais relacionadas à influência da urbanização influenciam a biodiversidade e os processos ecológicos (Wu, 2014).

Apesar desse avanço no campo da Ecologia da Paisagem, alguns estudos carecem de aprofundamento, tais como os estudos sobre o hemisfério sul (MUDERERE et al., 2018), processos ecológicos e serviços ecossistêmicos (SHWARZ et al., 2017), análises comparativas de larga escala (LEPCZK et al., 2017) e conectividade da paisagem (LAPOINT et al., 2015).

Fig.14: Estrutura das manchas na paisagem.



Fonte: Autor.

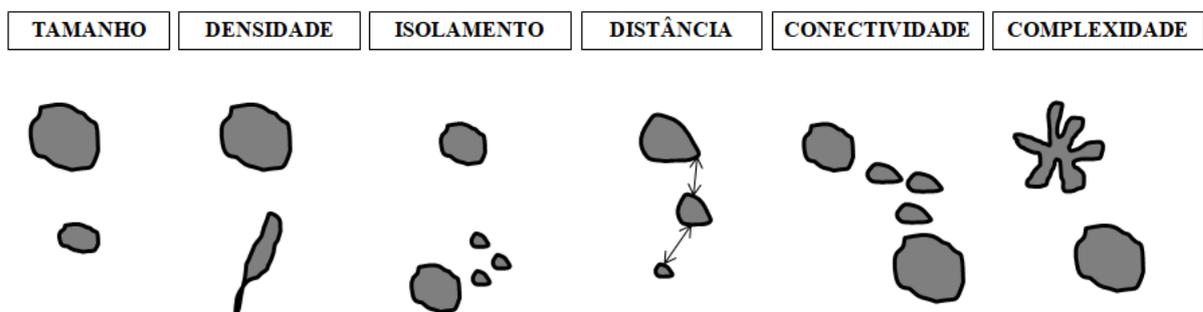
Para a Ecologia da Paisagem, o fragmento ideal tem um bom índice de forma, é grande o suficiente para apresentar um núcleo protegido e não está longe de outros fragmentos para possibilitar a formação de um corredor ecológico. Alguns fragmentos não satisfazem todas as condições, mas podem desempenhar um papel específico na rede de fragmentos. A estrutura da paisagem bidimensional pode ser mensurada a partir de cálculos de métricas da forma, baseados na área, perímetro e posição geográfica das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo (fig.14) (FORMAN, GODRON, 1986; LANG, BLASCHKE, 2009; MAGALHÃES, 2013).

As métricas de fragmentos da paisagem podem ser entendidas como um método que quantifica as dimensões e mensura a distribuição espacial das manchas, avaliando tanto o fragmento individualmente, como a estrutura geral da área e o papel de cada fragmento no conjunto, no que tange ao tamanho, densidade, isolamento, distância, conectividade e complexidade da forma (fig.15). Elas podem ser encontradas em três tipologias: mancha (ou fragmento), que são características das manchas

individuais; classe, que é o agrupamento de um conjunto de manchas de uma classe específica de uso do solo e paisagem, que é a descrição do mosaico em sua totalidade (MOURA, 2010; MCGARIGAL, 2013; ROCHA et al., 2016).

Assim, ao abordar a aplicação das métricas para as áreas verdes da cidade, cria-se a possibilidade de duas interpretações úteis para o planejamento urbano: a compreensão do papel do fragmento de vegetação urbana em relação ao território onde ele está inserido e a vocação ou potencialidade daquele fragmento para atender a diferentes funções na rede de ocupação urbana. Por exemplo, é possível apontar fragmentos em processo de transformação (crescimento e/ou diminuição), sendo influenciados pelo meio; ou ainda, interpretar sua posição e sua forma específica, que o colocam em condições estratégicas na conformação de proteção das áreas verdes, proteção dos recursos hídricos e expansão/manutenção das áreas agrícolas, em apoio à elaboração de planos diretores, de acordo com a realidade de cada município, indicando usos e vocações para cada tipologia de fragmento.

Fig.15: Dimensões individuais e coletivas das manchas na paisagem.



Fonte:A Autora.

Segundo Falcón (2007), o planejamento e gestão das áreas verdes nas cidades deveriam considerar os aspectos ambientais e ecológicos, concomitantemente com as questões de socialização, estética e economia, para criarem ou preservarem a cobertura verde. Isto porque essas áreas abrigam complexidade e diversidade de usos, cumprindo funções sociais, ambientais e paisagísticas, incluindo, não somente as áreas verdes públicas, como também as áreas verdes privadas. O mesmo autor (Falcon, 2007) defende que é necessário pensar as áreas verdes dentro de uma rede de conexões com o entorno, pois não se administra uma zona verde apenas a partir de vazios existentes, mas sim na busca por espaços onde haja carência de áreas verdes, ou que estejam em posições estratégicas que as integrem melhor ao sistema urbano.

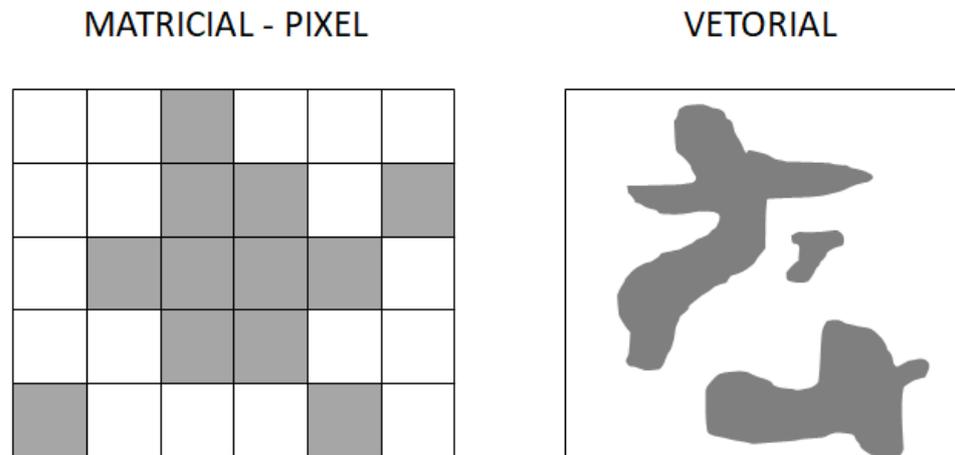
Nesse sentido, é um ganho realizar o estudo das métricas de fragmentos, segundo suas posições e características, com o suporte dos Sistemas Informativos Geográficos (SIG)⁷, que favorecem o desenvolvimento das análises espaciais, principalmente a partir da crescente disponibilidade de imagens de satélites e com a evolução das ferramentas dos SIGs para análises das manchas/fragmentos.

Além disso, os sistemas favorecem o desenvolvimento de estudos em diferentes escalas - local, municipal, regional, continental. Turner e Gardner (1991) defendem como positivo o emprego de tecnologias de geoinformação, uma vez que as ações antrópicas sobre o ambiente natural requerem o entendimento da paisagem de forma holística e isso é possibilitado pelos avanços e recursos do geoprocessamento. Além disso, a possibilidade de se trabalhar com diferentes variáveis e modelos de combinação de variáveis permite desenvolver estudos que se adequem à realidade brasileira (MAGALHÃES, 2013; LOURENÇO, 2009).

O cálculo das métricas de fragmentos em ambientes SIGs pode ser realizado em formatos raster (imagens, matrizes) ou vetorial (pontos, linhas e polígonos), definidos por conjuntos de pixels ou por feições de primitivas gráficas, que apresentam as manchas ou classes a serem estudadas (fig.16). A principal diferença entre os formatos é que, se o trabalho for realizado em escala adequada em formato vetor, será uma reprodução mais fiel da entidade espacial; ao passo que se for no formato matricial (conjunto de pixels), as áreas serão reproduções de células regulares com seus limites ajustados a essas condições. Mas tudo depende da escala de trabalho, pois um formato matricial com boa resolução pode representar muito bem a complexidade das formas.

⁷ Considera-se a convencional tradução “Sistemas de Informações Geográficas” para o termo Geographic Information System equivocada, pois as informações trabalhadas nem sempre são gGeográficas, mas sim o sistema (o software). É possível, por exemplo, trabalhar com dados do ramo da saúde, da segurança pública, das ciências biológicas, etc., nesse mesmo sistema. Nestse caso, é o sistema (ou o software) que possui caráter geográfico, pois é o que permite a espacialização dos dados e, sobretudo, a elaboração de análises espaciais. Para mais detalhes recomenda-se a leitura do Capítulo 1 do livro MOURA, Ana Clara Mourão. Geoprocessamento na Gestão e Planejamento Urbano. 2ª Ed. Belo Horizonte: Ed. da autora, 2005, 294 p. (MAGALHÃES, 2013)

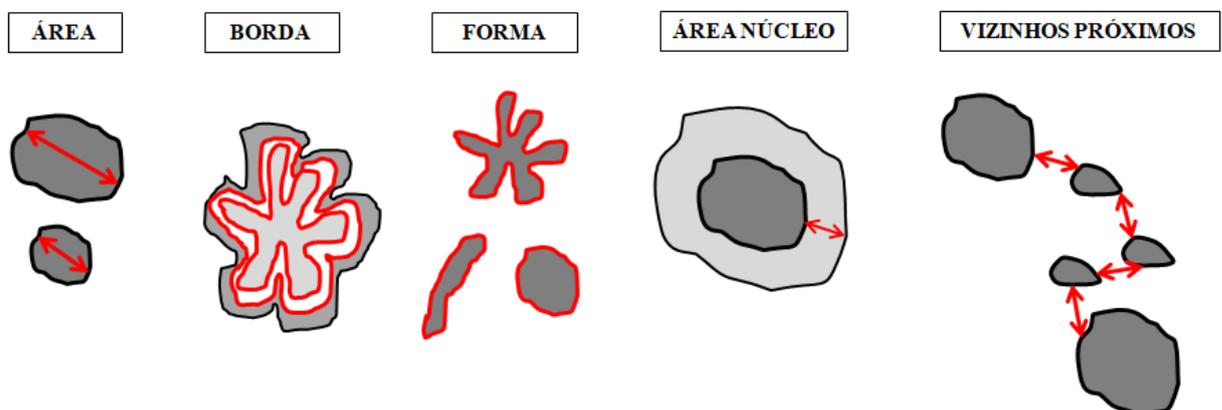
Fig.16: Formatos raster ou vetor.



Fonte: A Autora.

As métricas que avaliam os polígonos ou matrizes (conjunto de pixels) de fragmentos possuem delimitações e formas diferentes para cada tipo de mancha encontrada. Nas áreas urbanas, elas reproduzem o parcelamento e uso do solo em função das atividades antrópicas, organizadas em geral na forma de lotes, quadras, vias e praças, gerando padrões mais regulares e geometrizados. As diferenças entre as manchas naturais ou antropizadas podem ser distinguidas pelas suas bordas, formas curvas e sinuosas que tendem a ser mais naturais do que as retilíneas, consideradas artificiais (FORMAN, GODRON, 1986). No contexto da Ecologia da Paisagem, as principais temáticas de análise de métricas são: área ou tamanho, borda, forma, área núcleo e vizinhos próximos (fig.17).

Fig.17: Principais temáticas de análise de métricas.



Fonte:A Autora.

A temática de análise da área é um dos mais relevantes valores sobre a mancha, pois fornece informações básicas para se realizar outras análises. A partir das métricas de áreas, é possível determinar a maior/menor área de biodiversidade e a influência de números de processos ecológicos de cada fragmento. Uma vez calculada a área e identificada que ela é expressiva pode-se calcular também o fator de forma, pois quanto mais uma mancha tende ao formato circular, maior será a possibilidade de diversidade de espécies, menos barreiras no seu interior e mais eficácia em termos de alimentação para os animais. Por outro lado, quanto mais alongada for a forma de uma mancha, maior será a sua indicação para formar um corredor biológico, pois possui uma margem maior de contato interagindo com outros fragmentos e a matriz, visto que maior é a sua relação perímetro/área ou a presença de bordas. Dentro dessa temática, existem diversas métricas, tais como: o índice de área, o índice de similaridade, a área da classe, a porcentagem da área da paisagem e o índice de maior fragmento (LOURENÇO, 2009; REMPEL et al., 2012).

Para os estudos da área verde urbana expressiva destacam-se as seguintes métricas:

a) Área da classe (CA), que mensura a área da classe, na qual representa a soma de determinada classe de uso do solo:

$$CA = \sum_{i=1}^n c_i$$

Em que:

CA = soma das áreas de todas as manchas que pertencem a uma determinada classe, em hectare;

c_i = área da i -ésima mancha correspondente à classe avaliada;

b) Número de manchas ou fragmentos (NP), que expressa o número total de manchas por uso do solo, indicando o número de fragmentação da paisagem, ou seja, quanto maior o número de manchas, menor será a indicação de heterogeneidade espacial:

$$NUMP = \sum n_i$$

Em que:

NUMP = número total de manchas ou fragmentos dentro de uma mesma classe ou paisagem.

n_i = quantidade de manchas de uma classe se NUMP for em termos de paisagem, ou uma mancha ou um fragmento, se NUMP for em termos de classe;

c) Área total de uma paisagem (TLA), que expressa a área total do estudo e favorece para que sejam feitos cálculos de proporções de tipologias e de ocorrências;

d) Dimensão média das manchas (MPS), que mensura o tamanho médio das manchas, uma métrica interessante para analisar a fragmentação média ou tendência das manchas de um habitat, sob o ponto de vista de diversidade de espécies, pois algumas espécies requerem dimensões críticas máximas e mínimas para sua sobrevivência:

$$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}$$

Em que:

MPS = tamanho médio dos fragmentos em hectare;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j = 1$ a n número de fragmentos;

n_i = número de fragmentos da classe;

e) Desvio padrão da dimensão das manchas (PSSD), que mensura a variação do tamanho das manchas em torno do valor médio para cada classe de uso do solo, indicando o padrão de uniformidade da dimensão das manchas, permitindo auferir informações acerca da heterogeneidade que conforma a estrutura da paisagem:

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n |a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i}\right)|}{n_i}}$$

Em que:

PSSD = desvio padrão do tamanho médio dos fragmentos em hectare;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j = 1$ a n número de fragmentos;

n_i = número de fragmentos da classe.

Dentro da temática de Análise das Bordas, que representa a configuração da paisagem, destacam-se para os estudos da área verde urbana expressiva as métricas (LOURENÇO, 2009; REMPEL et al., 2012):

f) Total de bordas (TE), comprimento total do perímetro (borda) para cada classe do uso do solo;

g) Densidade de borda (ED), que expressa a relação entre o perímetro (TE) de cada classe pela área total da paisagem (TLA) (m/m^2). Essa métrica é importante para analisar a vulnerabilidade de habitat natural, isto é, o aumento ou diminuição das margens de um fragmento com outro, a partir da relação área das manchas e bordas das manchas. Paisagens com manchas de menores dimensões ou formas irregulares tendem a apresentar valores mais elevados do que paisagens com manchas de maiores dimensões ou formas simples;

h) Média do perímetro (MPE), que expressa o comprimento médio do perímetro (TE) das manchas para cada tipo de classe. É definida pela expressão $(TE)/$ número total de manchas (NumP).

A temática de Análise de Forma indica o quanto o fragmento está vulnerável à influência externa, está relacionada também à intensidade de efeito de borda, já que mensura a relação perímetro/área do fragmento, observando a presença de ramificações ou compacidade. Dentre as métricas existentes para os estudos da área verde urbana expressiva destacam-se (LOURENÇO, 2009; REMPEL et al., 2012):

i) Índice de forma (Shape Index - SI), que mensura a complexidade da forma das manchas em função de uma forma básica quadrada (na versão raster) ou circular (na versão vetorial). O seu valor aumenta a partir de "1" à medida que a forma se afasta da forma de um quadrado ou círculo e se torna cada vez mais complexa. Assim, quanto maior for essa relação, mais contato das bordas ou fronteiras há com outras tipologias de uso do solo. Existe uma derivação dessa métrica que é a média dos fragmentos analisados, chamado Índice Médio da Forma (MSI), que mensura a média de todos os fragmentos existentes. Essa métrica efetua a soma do perímetro de todas as manchas e divide pelo quadrado da área de classe de uso - TE/CA^2 :

$$MSI = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{0,25pij}{\int aij} \right)}{n_i}$$

Em que:

MSI = índice de forma média;

p_{ij} = perímetro do fragmento ij ;

a_{ij} = área do fragmento i na classe j ;

$j = 1$ a n número de fragmentos e

n_i = número de fragmentos da classe.

j) Média da relação perímetro/ área (MPAR), que é parecido com a métrica densidade de borda (ED), que calcula a relação entre o perímetro (TE) de cada classe pela área total da classe (CA), dividido pelo número de manchas (m/m^2). Este índice está relacionado com o aspecto configuracional da paisagem, aumentando à medida que as manchas se tornam mais irregulares;

k) Dimensão fractal ou fragmentos (FRACT), quantifica a complexidade das manchas de paisagem, varia entre 1 e 2. Assim, quanto maior o valor do índice (mais próximo de 2), mais recortadas e complexas as manchas de paisagem. Existe a variação dessa métrica que mede a média de todos os fragmentos, chamada Dimensão Fractal Média da mancha (MPFD), sendo que os valores mais próximos de “1” representam perímetros simples e os valores mais próximo de “2” indicam perímetros mais complexos;

l) A métrica Área Núcleo (NCA) mensura a porção interna do fragmento, considerada mais protegida, isenta da influência dos fatores externos, separada da borda por uma distância pré-definida (buffer), definida como “linha de contato entre manchas distintas” (LANG; BLASCHKE, 2009, p. 390), como uma zona de transição entre os ambientes. Por meio da “área núcleo”, pode-se analisar a fragilidade frente a potenciais de transformação ou caráter de estabilidade, pois quanto maior a área núcleo, mais robusto é o fragmento. O número de áreas núcleos existentes também é de interesse, pois um fragmento com maior quantidade de núcleos é mais frágil que um fragmento com uma área núcleo maior e robusto (LOURENÇO, 2009; REMPEL et al., 2012; ROCHA et al., 2016):

$$NCA = \sum_{j=1}^n n_{ij}^e$$

Em que:

NCA = número de fragmentos com área central;

n_{ij} = número de áreas interiores dos fragmentos;

$j = 1$ a n número de fragmentos;

m) A temática proximidade mensura, com base na distância euclidiana, a distância entre os fragmentos de mesma classe, a partir de suas bordas. A análise dessa métrica auxilia na compreensão sobre o nível e grau de isolamento de cada fragmento na paisagem e ajuda a identificar a localização de possíveis *Stepping Stones*. A métrica mais conhecida dessa temática é o índice de proximidade ou índice de vizinhos próximos.

Quando são utilizadas as Métricas de Paisagem como suporte de estudo para o contexto urbano, procura-se, a partir da forma, tamanho, quantidade, arranjo, conexão e dispersão geográfica dos elementos que compõem o espaço, caracterizá-lo, identificando os determinantes que contribuem efetivamente para o monitoramento e planejamento das paisagens da cidade. Assim, é possível perceber as possibilidades para diagnosticar e comparar os fragmentos de áreas verdes existentes, de forma a prever prováveis impactos que possam causar prejuízos à paisagem (MAGALHÃES, 2013).

Ao revisitar os princípios do uso das Métricas de Paisagem à luz das novas tecnologias baseadas em SIG (Sistemas de Informações Geográficas), busca-se trazer embasamento teórico-científico na aplicação para os estudos nas áreas urbanas, no que tange à escala regional. O emprego das tecnologias de geoinformação favorece o trabalho de proposição e avaliação de critérios, criando condições para se entender a capacidade de transformação de um território.

As Métricas de Paisagem quantificam as dimensões e mensuram a distribuição espacial das manchas, avaliando tanto o fragmento individualmente, como a estrutura geral da área e o papel de cada fragmento no conjunto (ROCHA et al., 2016).

A Ecologia da Paisagem, como um instrumento para o planejamento urbano, implica na compreensão da paisagem em sua totalidade, onde será aplicada a matriz de identificação dos fragmentos que compõem a paisagem, sendo fundamental a avaliação tanto de sua estrutura quanto dos seus processos. Defende-se que a Ecologia da Paisagem contribui para os estudos de qualidade ambiental urbana, uma vez que é um importante subsídio ao planejamento das cidades, fornecendo informações que colaboram para a qualidade de vida da população, podendo ser caracterizada por meio

de um diagnóstico da existência ou não de condições saudáveis de habitação em termos antrópicos, social, ecológico-ambiental, econômico, que atuam de forma holística em um determinado local (ROCHA et al., 2016).

Desse modo, fazendo um paralelo com a Infraestrutura Verde, observa-se um forte vínculo com os estudos da Ecologia da Paisagem, por meio de métricas de fragmentos. Isso porque interessa também nos estudos de Infraestrutura Verde a identificação e a análise dos hubs e links, juntamente com as métricas de paisagem, que analisam basicamente a matriz, mancha e corredor. Nada mais é do que tomar decisões segundo a compreensão da complexidade da paisagem, de forma a planejar ecologicamente a relação de potenciais existentes e de inter-relações (FORMAN e GORDAN, 1986; VASCONCELLOS, 2015).

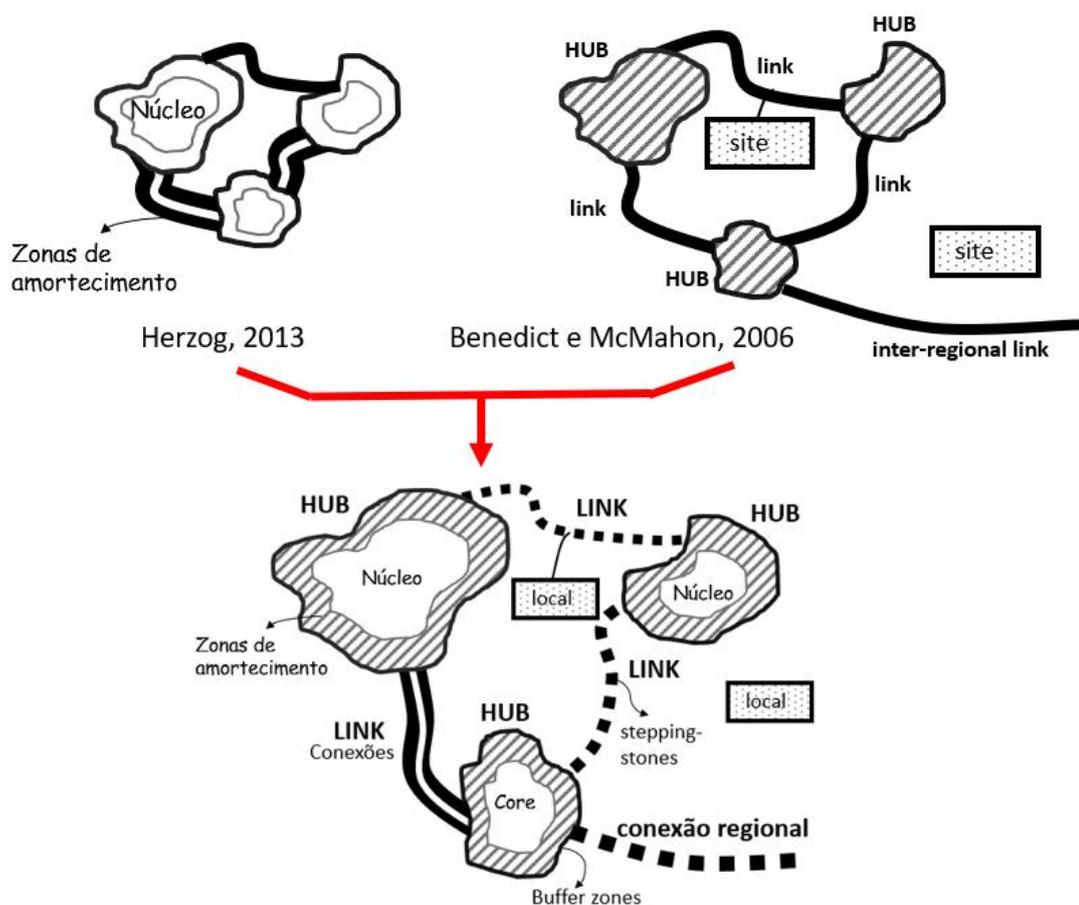
2.4 Infraestrutura Verde no espaço urbano

Com vistas a abordar a questão da qualidade ambiental urbana, os estudos de Infraestrutura Verde contribuem para a abordagem das áreas verdes e da cobertura vegetal urbana na identificação de usos e funções dos fragmentos nas cidades. O termo foi utilizado pela primeira vez em 1994, na Flórida, a partir do conceito desenvolvido pelo grupo *The Conservation Fund*, em um relatório dirigido ao governo americano sobre estratégias de conservação do meio ambiente. Sua denominação provém de derivação do conceito de Infraestrutura Cinza, que já era amplamente entendido e utilizado até aquele momento para identificar obras de infraestrutura de estradas e vias de deslocamentos, de modo que o verde é reconhecido segundo a intenção de planejamento para conservar e/ou restaurar os recursos naturais existentes (VASCONCELLOS, 2015).

A Infraestrutura Verde também é conhecida como Infraestrutura Ecológica e propõe uma visão holística e sistêmica da cidade, pois os elementos que integram a paisagem urbana são dependentes uns dos outros. O objetivo é transformar espaços com funções específicas em áreas multifuncionais, conectados em uma rede interligada de fragmentos vegetados ou permeáveis. Isto é, transformar áreas impermeabilizadas, buscando manter o equilíbrio dinâmico, sustentável e resiliente do ecossistema urbano, mas mantendo as áreas de conservação e de proteção, visando a preservação dos recursos naturais de forma estratégica (BENEDICT E MCMAHON, 2006; HERZOG, 2013; VASCONCELLOS, 2015; PELLEGRINO E MOURA, 2017).

A Infraestrutura Verde tem por objetivo, segundo Herzog (2013 p. 111), “reintroduzir ou incrementar a biodiversidade urbana, para que seja possível ter seus serviços ecossistêmicos onde as pessoas vivem, circulam, trabalham e se divertem: nas cidades”. A publicação de Benedict e McMahon (2006, p. 1), considerados precursores na discussão da temática no livro “*Green Infrastructure*”, conseguiu alcançar grande repercussão, contribuindo para que as áreas verdes fossem incorporadas aos projetos e traçados das cidades.

Fig.18: Rede de Infraestrutura Verde.



Fonte: Elaborado pela autora e adaptado de Benedict e McMahon (2006 p. 13); Herzog (2013, p. 120).

Os autores definem a Infraestrutura Verde como uma rede interconectada de áreas naturais e outros espaços abertos que conservam valores e funções dos ecossistemas naturais, sustentando ar limpo, água e fornecendo uma ampla gama de benefícios para as pessoas e a vida selvagem, na forma de *hubs* e *links*, que variam de tamanho, função e domínio (fig. 18). Herzog (2013, p. 111) complementa dizendo que a Infraestrutura Verde “é uma rede ecológica urbana que reestrutura a paisagem e

mimetiza processos naturais de modo a manter e restaurar as funções do ecossistema urbano, oferecendo serviços ecossistêmicos no local”.

Os *hubs* (em português “nós”) são os pontos nodais do sistema de Infraestrutura Verde. Eles possuem diferentes formas, tamanhos e funções, podendo ser grandes reservas ou áreas de proteção, refúgio da vida silvestre ou parques estaduais. De acordo com as metas e objetivos da rede, suas condições de forma e posição devem assegurar a conservação da fauna e flora e a manutenção dos processos ecológicos naturais. Para o *hub* ter uma boa resposta ecológica, são necessárias zonas de amortecimento (ou zonas de transição) para garantirem um núcleo protegido e servirem como locais para atividades de restauração (BENEDICT E MCMAHON, 2006, p.13; VASCONCELLOS, 2015 p. 40; PELLEGRINO E MOURA, 2017).

Os *links*, são as conexões que interligam o sistema, a exemplo dos *stepping-stones* e corredores verdes, que são fundamentais para a manutenção dos processos ecológicos e garantia da biodiversidade. Os links podem ter largura, formatos e comprimentos diferentes de acordo com a função que exercem no sistema, podendo ser representados por locais para caminhadas, ciclismo ou contemplação da natureza (BENEDICT E MCMAHON, 2006, p.13; VASCONCELLOS, 2015 p. 40).

O estudo da Infraestrutura Verde é multidisciplinar e está associada “a conservação e ao planejamento da infraestrutura, do desenvolvimento e esforços de crescimento inteligente (*smartgrowth*) ” (VASCONCELLOS, 2015 p. 31), pois ao identificar *hubs* e *links* favorece compreender a paisagem e auxiliar nas tomadas de decisões. Segundo Herzog (2013) uma forma de sistematizá-lo metodologicamente é promover ações de levantamento de dados, análise e diagnóstico de fragmentos e suas relações, de acordo com seis sistemas que se superpõem e estão relacionados entre si: geológico, hidrológico, biológico (que consistem no sistema natural); e social, circulatório e metabólico (que conformam o sistema antrópico).

Dentro dos sistemas naturais, o Sistema Geológico consiste no levantamento, análise e o diagnóstico dos fatores geológicos, permitindo a identificação as áreas vulneráveis e que devem ser protegidas, além das áreas adequadas a ocupação humana e para agricultura. Somado a isso, a formação geológica pode ser um fator de identificação e localização do *genius loci*⁸ de um lugar (HERZOG, 2013).

⁸ *Genius loci* é o sentido de espírito do lugar”, o gênio do lugar habitado e frequentado pelo homem. O termo foi amplamente trabalhado por Norberg-Schulz (1980) para explicar a fenomenologia do ambiente que o dá identidade, caráter, unicidade.

O Sistema Biológico é formado por todas as formas de vida que habitam o planeta e é beneficiado pela Infraestrutura Verde, uma vez que permite a ligação de habitats (corredores verdes urbanos e áreas núcleos), a manutenção da troca gênica entre as manchas de vegetação, abriga infinitas espécies e oferta os serviços ecossistêmicos (HERZOG, 2013). O estudo desse sistema se justifica porque reduzimos os espaços abertos nas cidades, diminuindo e isolando as manchas verdes, afetando a paisagem natural e os recursos naturais disponíveis de forma significativa, gerando a degradação ambiental e de recreação, colocando em risco espécies de plantas e animais, além da redução da qualidade estética (BENEDICT E MCMAHON, 2006). Como exemplo dos impactos causados, podem ser citados os espécimes que não conseguem transpor seu núcleo original de convivência para visitarem outras manchas e favorecerem o fluxo gênico, o que resulta na tendência à extinção local. Pode ser citado o caso das aves que não possuem autonomia de voo suficiente para conseguirem transpor ambientes fracionados, ou ainda animais que passaram a aparecer em áreas onde antes não eram encontrados, conforme o caso do *Diopsittaca nobilis*, no Rio de Janeiro, conhecido como periquito do maracanã, que passou a fazer ninhos nos forros das casas, aumentando consideravelmente sua população e sua vulnerabilidade (ONIKI e WILLIS, 2003).

Entre os sistemas antrópicos, o Sistema Social “é formado pelos espaços urbanos onde as atividades humanas acontecem” (HERZOG, 2013, p.124). São locais geralmente abertos que favorecem o contato entre as pessoas e a natureza com usos diversos. O Sistema Circulatório compreende os modos como as pessoas e os produtos circulam, isto é, a mobilidade urbana ofertada e a sua extensão. Benedict e McMahon (2006, p.9) fazem uma crítica aos modelos espraiados, associados ao aumento significativo por demanda dos meios de transporte e, conseqüentemente, pela poluição sonora e do ar. O Sistema Metabólico compreende o meio de produção de bens, do seu início ao fim, ou seja, pensar em algo desde a sua criação ao seu descarte, de forma cíclica, para evitar o desperdício, considerando o reaproveitamento de resíduos, aplicados à geração de energias, saneamento e agricultura (BENEDICT E MCMAHON, 2006; HERZOG, 2013).

Com a Infraestrutura Verde, é possível direcionar o crescimento urbano associado às necessidades de cada comunidade, identificando os locais mais adequados à expansão urbana e que são adequados à proteção e conservação da natureza, mapeando as áreas e tipologias existentes. Nas cidades, a Infraestrutura Verde

pode incluir fundos de quintal, ruas arborizadas, leito de rios e riachos arborizados, áreas remanescentes de inundações, parques, praças, mirantes, entre outros, ou ainda através de projetos e planos direcionados aos serviços ecológicos quanto ao abastecimento de água, o tratamento das águas pluviais, a melhoria do microclima, o sequestro de carbono, etc. como exemplificado por Pellegrino e Moura (2017). Buscando o significado ao olhar para a paisagem em relação aos muitos usos que ela poderia ter, tanto para a natureza quanto para as pessoas, e determinando como e quais desses usos fazem mais sentido (tabela 1) (BENEDICT e MCMAHON, 2006; PELLEGRINO E MOURA, 2017).

Tabela 01: Atributos da Infraestrutura Verde aplicados ao contexto urbano.

ATRIBUTOS DA INFRAESTRUTURA VERDE APLICADOS AO CONTEXTO URBANO		
Atributos	Uso	Funções
Recreação e recursos de saúde	Parques públicos e privados, corredores verdes, corredores ripários, trilhas, reservas ou áreas protegidas de preservação e conservação.	Encoraja a prática de exercícios e estilo de vida saudável ao ar livre, cria lugares para descanso e introspecção, conecta pessoas à natureza, cria oportunidades para rotas alternativas de transporte, recupera e protege a fauna e flora, aumenta a biodiversidade e restitui a característica da paisagem natural.
Recurso cultural	Sítios arqueológicos e históricos, sítios educacionais, cidade, espaços abertos e bens tombados.	Preserva a ligação com a herança cultural e natural e promove a proteção desses lugares.
Padrão de crescimento e caracterização da comunidade	Cinturões verdes, monumentos naturais, mirantes, espaços abertos públicos e margens de rios.	Guia os padrões de crescimento e desenvolvimento, cria paisagens com apelo visual, aumenta o orgulho e a identidade comunitária, atrai negócios, moradores e visitantes.
Recursos d'água	Terras ribeirinhas, pântanos, mangues, planícies de inundação, áreas de recarga de aquíferos, rios e lagos e áreas para absorção e destinação das águas pluviais.	Protege e recupera a qualidade e quantidade de água, atua no manejo de águas pluviais e mitigação das inundações.
Trabalha o solo com valores econômicos	Fazenda, ranchos, pomares, hortas e florestas controladas.	Protege as terras cultiváveis enquanto negócio e lugar, ajuda a manter o caráter rural e o tradicional, apoia os setores da economia.

Fonte: adaptado pela autora de Benedict e McMahon (2006 p.118) e Vasconcellos (2015, p.36).

Para Benedict e McMahon (2006, p.37) a Infraestrutura Verde é pautada em dez princípios:

(1) conectividade é a chave;

- (2) o contexto importa;
- (3) a infraestrutura verde deve ser fundamentada na ciência e no planejamento do uso do solo na teoria e prática;
- (4) a infraestrutura verde pode e deve ser funcional como sua estrutura para conservação e desenvolvimento;
- (5) a infraestrutura verde deve ser planejada e protegida antes do desenvolvimento;
- (6) a infraestrutura verde é um investimento público crítico e deve ser financiado em longo prazo;
- (7) a infraestrutura verde proporciona benefícios para a natureza e as pessoas;
- (8) a infraestrutura verde respeita as necessidades e desejos dos latifundiários e das partes envolvidas;
- (9) a infraestrutura verde requer a realização de conexões para atividades dentro e fora da comunidade e
- (10) a infraestrutura verde requer compromisso de longo prazo.

A Infraestrutura Verde pode ser aplicada em escala particular, local, municipal, estadual, regional e até nacional. Na escala particular, se restringe a intervenções na edificação e no lote, como por exemplo, na criação de tetos e muros verdes, quintais e jardins; na escala local, arborização de ruas; na escala municipal, a criação de corredores ecológicos e ribeirinhos para conectar parques já existentes e possibilitar o manejo das águas pluviais, como jardins e canteiros pluviais, alagados construídos, pavimentação permeável; na escala estadual, regional e nacional está relacionada à proteção das principais ligações da paisagem e dos habitats de animais, como reservas ecológicas e parques de conservação (VASCONCELLOS, 2015, p.37; PELLEGRINO E MOURA, 2017).

Diante disso, ganham destaque os métodos não só quantificadores, mas também qualificadores das áreas verdes, haja vista as diferentes conceituações e tipologias de paisagens. Assim, percebe-se a necessidade de buscar auxílio em outras áreas do conhecimento, além de ferramentas que ajudem a identificar, avaliar, quantificar e mapear as áreas verdes urbanas e o mapeamento da infraestrutura verde existente, para que estas funcionem de forma integrada e sistêmica e sejam sustentáveis de forma ambiental, social, cultural e econômica, permitindo a cada localidade analisar suas potencialidades e fragilidades, uma vez que a Infraestrutura

Verde contribui para o entendimento e a identificação das áreas verdes em potencial, com foco nas áreas verdes expressivas, buscando a preservação, conservação e manutenção do verde e nas áreas verdes robustas e rasteiras, como áreas em potencial para requalificação de áreas verdes.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo é apresentado o Diagrama Metodológico do Desenvolvimento da Tese (fig.19) que apresenta as etapas de investigação realizadas no presente estudo. Primeiramente, é necessário que o leitor compreenda que o principal produto da tese é uma metodologia, um roteiro a ser seguido por outros usuários. Mas que para se chegar à proposição do roteiro metodológico com critérios defensáveis e reproduzíveis foi necessário realizar um percurso e algumas investigações.

Uma tese de doutorado pode ter como contribuição um desenvolvimento conceitual, tecnológico ou metodológico, e o presente trabalho é uma contribuição metodológica que, uma vez seguida por outros usuários, dá suporte para a elaboração aos Planos Diretores com vista ao planejamento, gerenciamento e manutenção das áreas verdes urbanas adequadas as diferentes e complexas realidades brasileira, com base no acesso a dados livres e gratuitos.

Para desenvolver um processo metodológico baseado em ferramentas de geoprocessamento, este capítulo foi dividido nas seguintes etapas:

(1) Seleção de estudos de caso que pudessem contribuir para o entendimento das diferentes realidades das áreas verdes urbanas, segundo diferentes demandas, em função de recorte espacial, condições de acesso a dados, necessidades específicas decorrentes das relações entre cobertura vegetal e outros usos urbanos;

(2) Obtenção de bases de dados de livre acesso por meio da seleção de imagens (de satélite Sentinel, ortofotos de alta resolução e dados laser do LIDAR). A obtenção das imagens Sentinel (com boa resolução espacial, espectral e temporal) foi realizada por acesso gratuito, ao passo que as ortofotos de alta resolução (20 cm) e dados de nuvens de pontos 3D do LIDAR (Light Detection and Ranging) foram facilitados pelo acordo de colaboração entre a PBH (Prefeitura de Belo Horizonte - PRODABEL) e o Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura). Além dos dados para mapeamento das condições de cobertura do solo, foram obtidas, gratuitamente, imagens com dados de relevo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), dados sobre divisões administrativas e dados cadastrais (regional, limite do município, bairro, quadra, lote, projeção da edificação e quando possível, curvas de nível), hidrografia, ZPAMs, APPs. Todos os dados foram obtidos por intermédio de fontes do poder público, por meio de acordos, ou de sites oficiais de livre acesso, para obtenção de dados vetoriais ou matriciais de imagens de satélites e ortofotos.

(3) Processamento de dados, que consiste em transformar dados, imagens de satélite (Juiz de Fora e Praga) e ortofotos (Pampulha), em informações sobre a cobertura do solo e, mais especificamente, sobre as condições da cobertura vegetal, de forma detalhada ou expedita, mas ambas eficientes, fornecendo o mapa de cobertura do solo, com ênfase na identificação das áreas antropizadas e das áreas verdes urbanas;

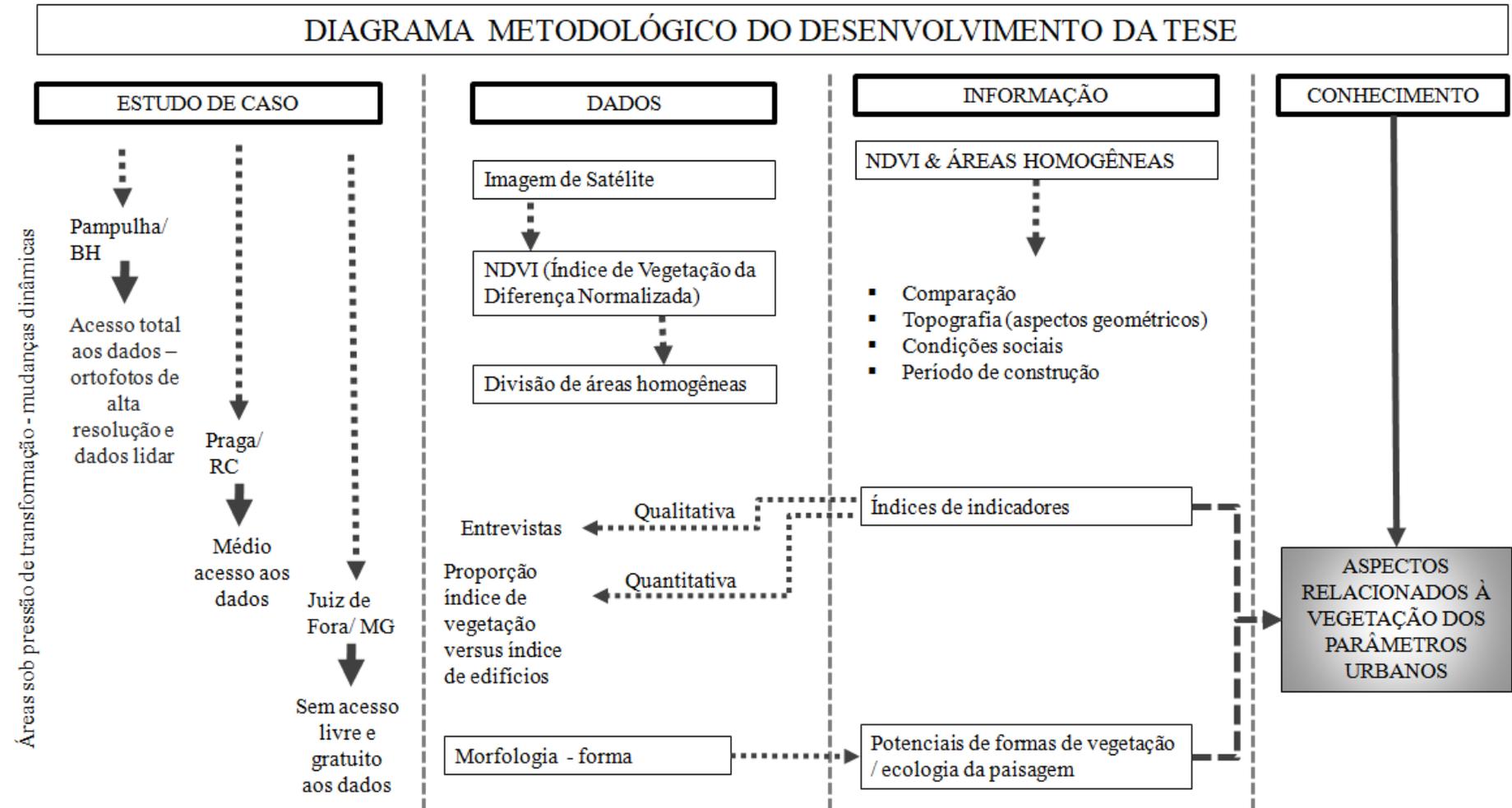
(4) Identificação da expectativa dos cidadãos para realização de julgamentos sobre a adequabilidade e o papel das áreas verdes urbanas. Nesta etapa, o objetivo foi conhecer, por meio de entrevistas e de percepção, o que as pessoas dos lugares identificam como o ideal de área verde (estudo de caso da Pampulha e de Juiz de Fora), e como se dá a relação de áreas verdes em Praga, uma cidade considerada de boa prática em cobertura vegetal urbana (best practice), a partir de uma área por indicação técnica, isto é, por indicação de professores e pesquisadores da Faculdade de Arquitetura da Universidade Técnica de Praga. A partir de entrevistas ou de observações e de escolhas por áreas indicadas como positivas, foram obtidas referências para as relações volumétricas entre área edificada e área vegetada nos estudos de casos urbanos;

(5) Estudo da proporção do volume edificado e volume vegetado (na Pampulha foram usados dados 3D de nuvem de pontos capturados por LIDAR; em Praga, banco de dados da Prefeitura e vegetação estimativa a partir da altura média das árvores e em Juiz de Fora por imagens Google StreetView para identificar, localizar e arbitrar a altura das edificações e da vegetação) nos três estudos de caso, do mais detalhado ao expedito, com objetivo de identificar a proporção média entre volume edificado e volume vegetado em áreas consideradas adequadas;

(6) Seleção das métricas que auxiliaram na análise da vegetação, separação das camadas de vegetação robusta ou arbórea da vegetação arbustiva, rasteira ou gramínea, cálculos das métricas;

(7) Construção da tabela-referência de métricas de fragmentos de paisagem, segundo suas formas e posições, para identificação dos elementos notáveis aptos às intervenções de qualificação e promoção de Infraestrutura Verde.

Figura 19: Diagrama metodológico do desenvolvimento da tese



Fonte: Autora.

3.1. Caracterização dos estudos de caso

Para ilustrar as discussões e análises propostas na tese, foram estudadas três realidades em três escalas diferentes, justificadas por diferentes condições de acesso livre aos dados, diferentes recortes e escalas espaciais, e diferentes condições de infraestrutura verde nas áreas urbanas: a) A regional Pampulha, em Belo Horizonte, a menor área dos estudos de caso, possuindo uma ótima infraestrutura de dados, com acesso a dados LiDAR em nuvem de pontos 3D (Light Detection And Ranging) de alta resolução e com uma paisagem urbana qualificada, com boa presença de área verde em equilíbrio com a área edificada; b) Praga, na República Tcheca, a maior área dos estudos de caso por ser um município muito extenso, que permitiu o estudo de um território, considerado equilibrado em termos de cobertura vegetal e boas práticas (best practices), para se obter análises sobre a relação entre o volume edificado e a vegetação robusta, com um acesso à infraestrutura de dados disponível considerada intermediária; c) Juiz de Fora, cidade de médio porte, caracterizada pela carência de uma cobertura vegetal equilibrada com a área edificada e com pouco acesso livre e gratuito aos dados e disponibilidade à infraestrutura de dados espaciais.

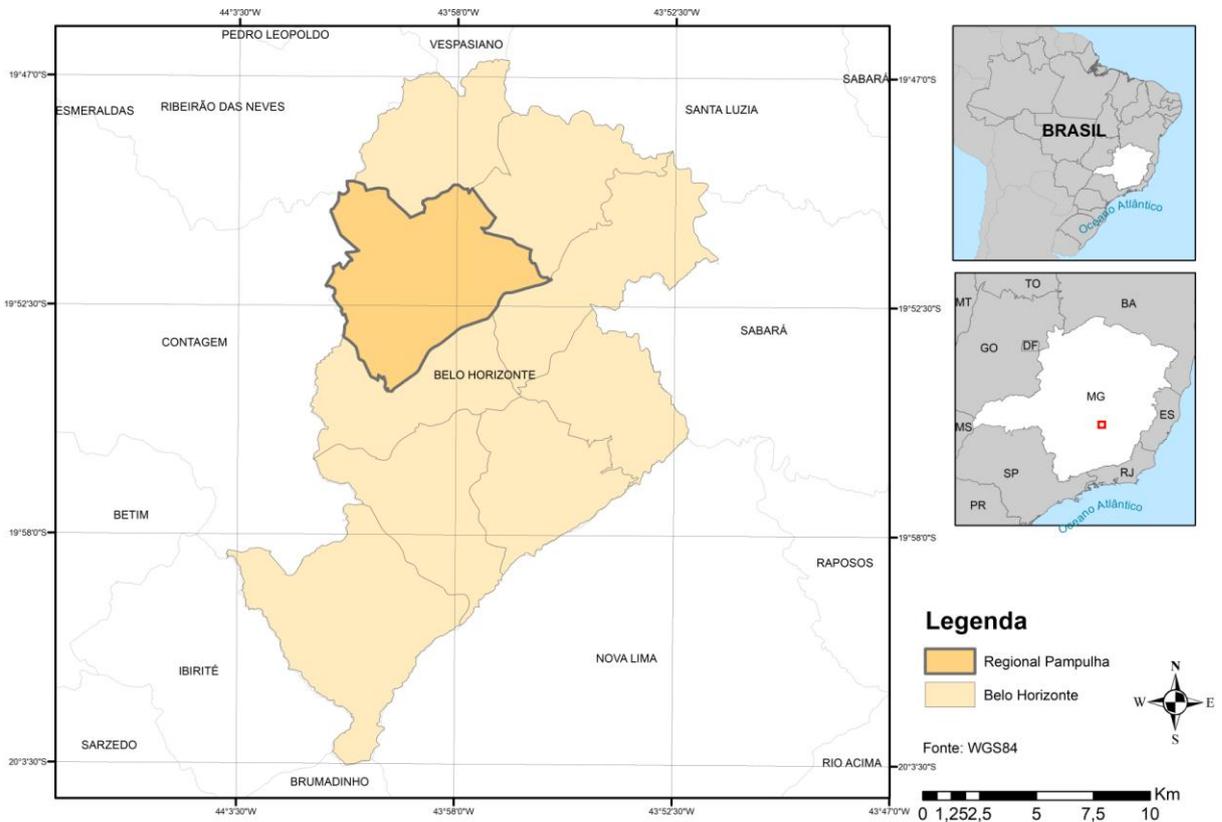
a) Regional Pampulha – Belo Horizonte

A Regional Pampulha está localizada na porção norte de Belo Horizonte, eixo de crescimento urbano caracterizado por conflitos de interesse devido a pressões causadas pelo crescimento urbano na região e altos valores ambientais e culturais que caracterizam a área (fig.20).

A regional possui uma área de 47 km², 34 bairros e 10 vilas agrupadas em cinco microrregiões, com uma população de 40.13 hab./km² pelo censo realizado em 2010 (IBGE,2010), além de uma cobertura vegetal significativa (com cerca de 26 km²) em comparação à área antropizada (com 25 km²), ou seja, 26% é composta por vegetação arbustiva e robusta, como pode ser visto na figura 21, que apresenta a cobertura vegetal existente a partir do estudo de cores.

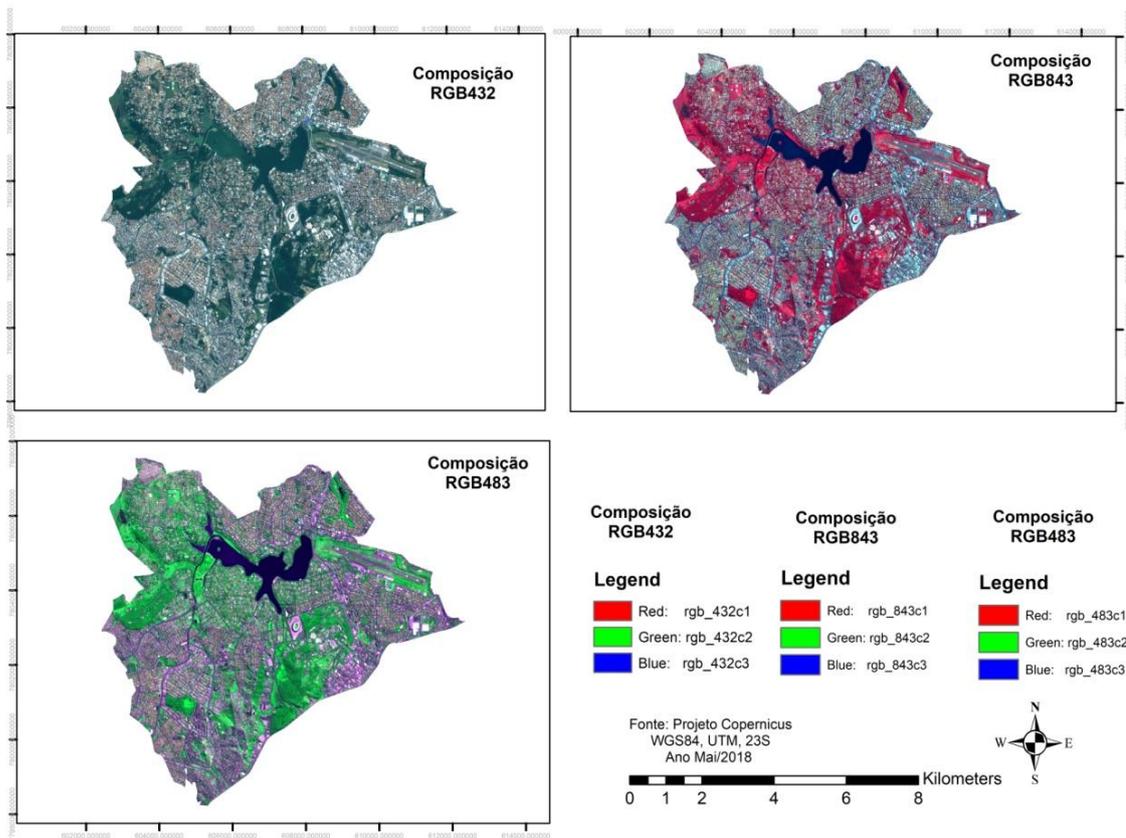
A região conta ainda com recursos hídricos importantes, com destaque para os córregos Sarandi e Ressaca, responsáveis pelo aporte de 70% do abastecimento da lagoa da Pampulha. O local possui uma população de aproximadamente 187315 mil habitantes, segundo censo de 2010 (IBGE) e densidade demográfica de 4.859 hab/km², exigindo cuidadosa atenção pelos administradores públicos locais.

Figura 20: Estudo de caso Regional Pampulha, Belo Horizonte –



Brasil. Fonte: A autora.

Fig. 21: Estudo de composição de cores, na composição RGB432, verdadeira cor é a representação que mais se aproxima da visão humana. A segunda e a terceira imagens são representadas pela composição falsa cor, que é a reprodução de uma imagem colorida produzida a partir de três imagens independentes em padrões de cinza, a combinação RGB843 destaca a cor vermelha que representa a vegetação existente na Pampulha e a composição RGB483 destaca em verde a vegetação existente.



Fonte: A autora.

Na regional Pampulha, a área próxima à lagoa, que tem 18 km de extensão, foi originalmente projetada por Oscar Niemeyer e Roberto Burle Marx, importante arquiteto e importante paisagista da Arquitetura Modernista Brasileira, na gestão de Juscelino Kubitschek, em 1940. A área possui exemplares importantes do modernismo no Brasil, como, por exemplo, a Igreja de São Francisco de Assis, com obras do pintor Cândido Portinari, a Casa do Baile, o late Tênis Clube e o Museu de Arte da Pampulha. Em 2015, essa região foi candidata a Patrimônio Mundial da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura), tendo sido nomeada Patrimônio Cultural da Humanidade e Paisagem Cultural do Patrimônio Moderno, em 2016 (fig.22).

Fig. 22: Vista panorâmica da Lagoa da Pampulha.



Fonte: disponível em <https://www.dicasbh.com.br/pampulha/>, acessado 10/12/2018.

Desde a sua criação, a Pampulha apresenta uma área muito qualificada e de alto padrão de qualidade ambiental, além de ser o principal polo turístico e de lazer de Belo Horizonte. A regional oferece boa infraestrutura, disponibilidade de serviços urbanos, favorecendo atrativos para investimentos imobiliários e importantes equipamentos urbanos como os estádios do Mineirão (Estádio Governador Magalhães Pinto) e Mineirinho (Estádio Jornalista Felipe Drummond), o Jardim Zoológico Municipal, o Parque Ecológico da Pampulha e o Parque Guanabara, além de localizada próxima ao campus da Universidade Federal de Minas Gerais e do Aeroporto da Pampulha (ROCHA *et al.*, 2016).

Apesar da paisagem local ainda não ser muito afetada pelos processos de densificação causados pelo crescimento volumétrico (verticalização), algo que já é realidade em outras áreas da cidade, a legislação que vigora atualmente (tema já abordado em tópicos anteriores) pode abrir possibilidades para um risco real de se perder a paisagem existente, uma vez que não há uma legislação específica para a proteção, manutenção e criação de cobertura vegetal, criando dificuldades de manter a integridade ambiental, cultural, histórica e visual da Pampulha. Por isso a importância de discutir sobre as áreas verdes presentes na regional.

b) Praga – República Tcheca

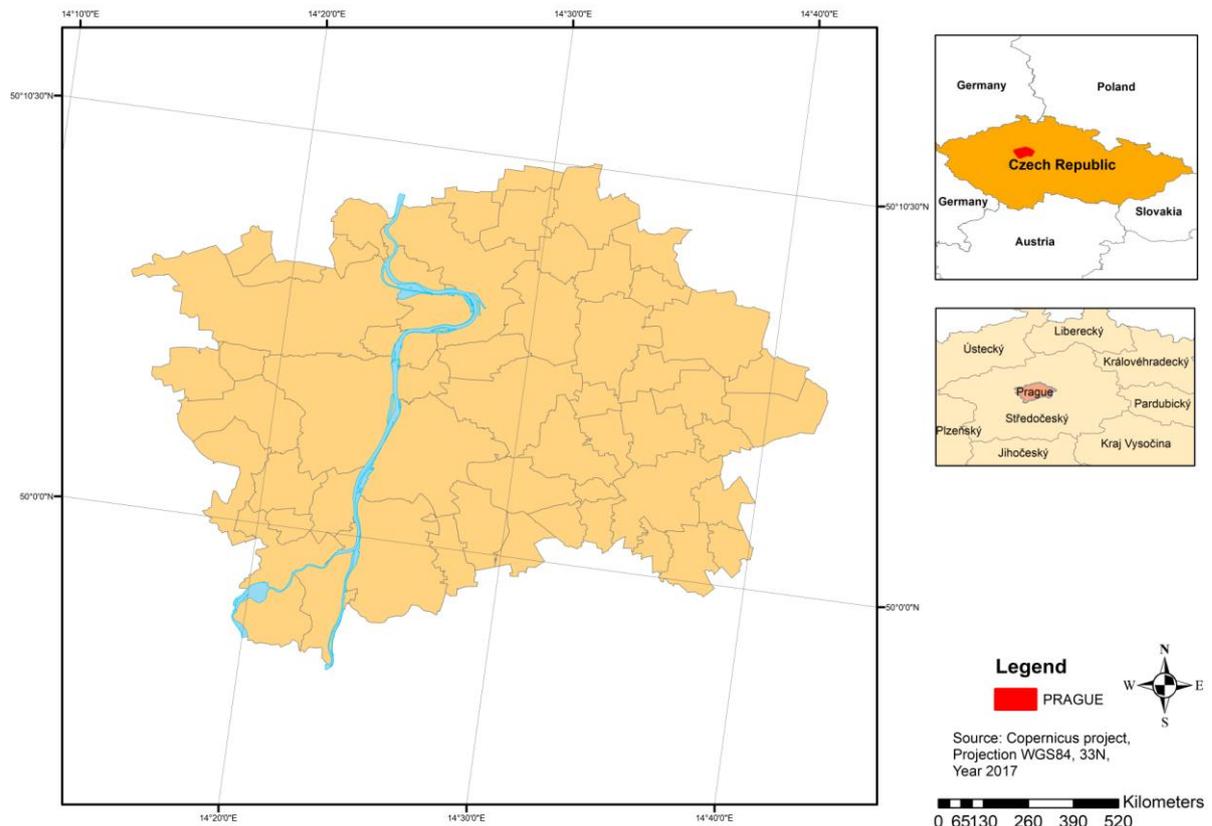
Praga, capital da República Tcheca, foi fundada entre o século VIII e X⁹ e está situada a noroeste do país, no centro da Bacia da Boêmia. localizada entre colinas, onde

⁹ Disponível em:

http://www.praha.eu/jnp/en/about_prague/past_and_present/history_of_prague/index.html, acessado em 14/12/2018

também se encontram o Castelo de Praga e a Cidade Baixa, às margens do rio Vltava, que corta toda a extensão da cidade. Praga tem uma área de 496 km² e população de 1.259.079 habitantes (censo 2009), perfazendo uma densidade demográfica de 25 hab./hectare²¹⁰ (Fig. 23).

Fig. 23: Praga República Tcheca.

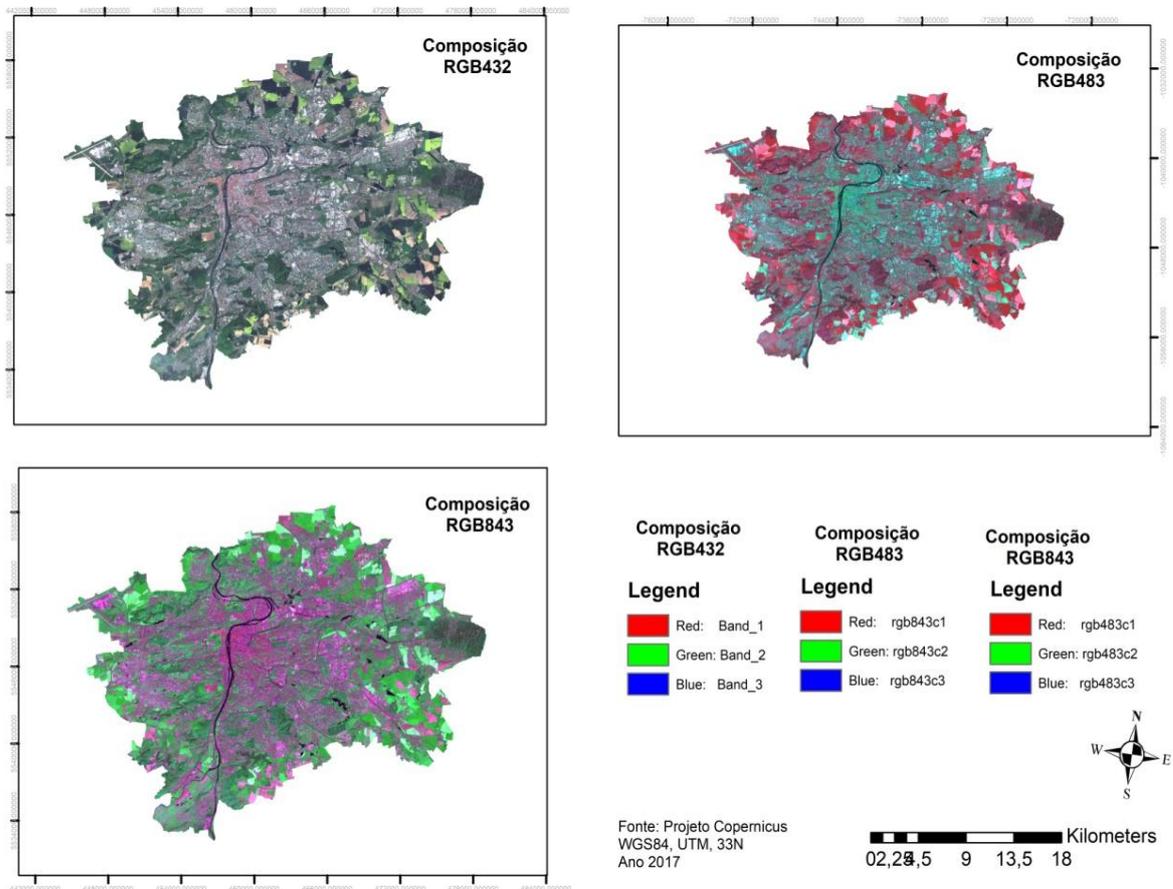


Fonte: A autora.

A cidade está classificada na 24^a posição do Índice Europeu de Cidade Verde (BREMNER, 2016), possuindo 10,3% de superfície de cobertura florestal, com 12 parques naturais, sem contar com os jardins e áreas privadas (PRAGUE INSTITUT OF PLANNING AND DEVELOPMENT, 2015), como pode ser visto no mapa de estudo de cores, que destaca, na combinação RGB483 em vermelho, as áreas verdes, e na combinação RGB843 na cor verde, as áreas verdes existentes (fig.24).

¹⁰ Disponível em: http://www.iprpraha.cz/uploads/assets/dokumenty/obecne/do_you_know_prague.pdf, acessado 14/12/2108.

Fig. 24: Composição de cores de Praga.



Fonte: A autora.

Praga iniciou seu planejamento urbano no século 19, após o início do desenvolvimento industrial na região e o consequente aumento da migração das pessoas do campo para a cidade. Devido a essa nova situação, a cidade enfrentou problemas relacionados ao abastecimento de água e transporte, sendo isso motivador para o primeiro Plano Regulamentar de Praga e o Plano de Nível da Cidade Real de Praga em 1889 (fig.25).

Em 1893, foi desenvolvido o Plano de Áreas de Reurbanização, responsável pela reconstrução do centro histórico de Praga, que perdurou até a Primeira Guerra Mundial. Suas principais contribuições foram saneamento básico para a cidade e a regulamentação do centro comercial e administrativo, buscando o embelezamento da cidade e a higienização (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Fig. 25: Cidade de Praga na atualidade, destaque para o Castelo de Praga no centro da imagem e ao fundo as novas tipologias de conformação urbana na figura 1 e na figura 2 novas construções no distrito de Praga 7 área de expansão da cidade.



Fonte: disponível em <https://goo.gl/MsyHR5>, acessado em 10/12/2018.

Durante 1915 a 1917, o arquiteto e urbanista Max Urban desenhou uma visão utópica da cidade, que ficou conhecida como a Grande Praga Ideal (tradução nossa). O documento contribuiu para a popularização do planejamento urbano do município, além de ser um documento que oferecia soluções que abrangiam toda a cidade. O plano consistia em uma simetria rigorosa, com desenho que tinha como prioridade a criação de grandes espaços abertos públicos, envoltos por amplas avenidas e generosas quadras circulares. No entanto, a visão apresentada no documento era totalmente independente do desenvolvimento da cidade e dos edifícios existentes, sendo considerado como um documento que influenciou os demais planos posteriores, mas que nunca foi implementado em sua íntegra (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

A criação da Checoslováquia, em 1918, trouxe grandes mudanças para Praga, transformando-a de uma cidade provincial para, rapidamente, um centro cultural e administrativo. Em 1920, a Comissão Reguladora do Estado da Capital estabeleceu os limites administrativos de Praga e seus arredores, sendo esse o primeiro órgão especializado em lidar com o urbanismo no município, que tinha como missão o desenvolvimento local, além de elaborar um plano de construção da cidade (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Em 1922, foram criadas outras 37 cidades periféricas e municípios suburbanos em Praga, que passou a ser denominada “Grande Praga”, favorecendo o planejamento urbano integrado, unificando a paisagem e interligando a infraestrutura existente. Durante a Segunda Guerra Mundial, a antiga Comissão Reguladora Estadual foi

substituída pela Comissão Reguladora do Protetorado, entretanto, a nova comissão não alcançou grande êxito, pois não aproveitou os estudos que vinham sendo elaborados pela antiga gestão e não conseguiu elaborar um plano municipal abrangente (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Com o fim da guerra, em 1945, a comissão começou a operar sob o nome de Comissão de Planejamento Para a Capital de Praga e Seus Arredores e tinha como objetivo principal a restauração pós-guerra dos edifícios. Porém, depois do golpe em 1948, foi instruído pelo governo comunista um novo plano diretor da cidade, a fim de atender exigências políticas voltadas para questões ligadas ao transporte, de forma a combinar antigos projetos do sistema viário com novas propostas de rodoanéis. Mas o plano não chegou a ser implantado. O Plano Diretor da cidade seguiu um plano socialista e sua principal contribuição foi a realização de um levantamento dos edifícios históricos do centro de Praga, que ainda hoje é usado em pesquisas e estudos do patrimônio histórico da região (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Em 1961, foi criado o Gabinete do Arquiteto Chefe de Praga, constituído por uma equipe de arquitetos, engenheiros de transporte, analistas demográficos e agrimensores, que tinha como responsabilidade a elaboração final do Plano Diretor de Praga, iniciado em 1952. O esboço do plano foi aprovado em 1964, no qual foram incorporadas novas províncias, deixando o território de Praga nos seus quase atuais 500 km² (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

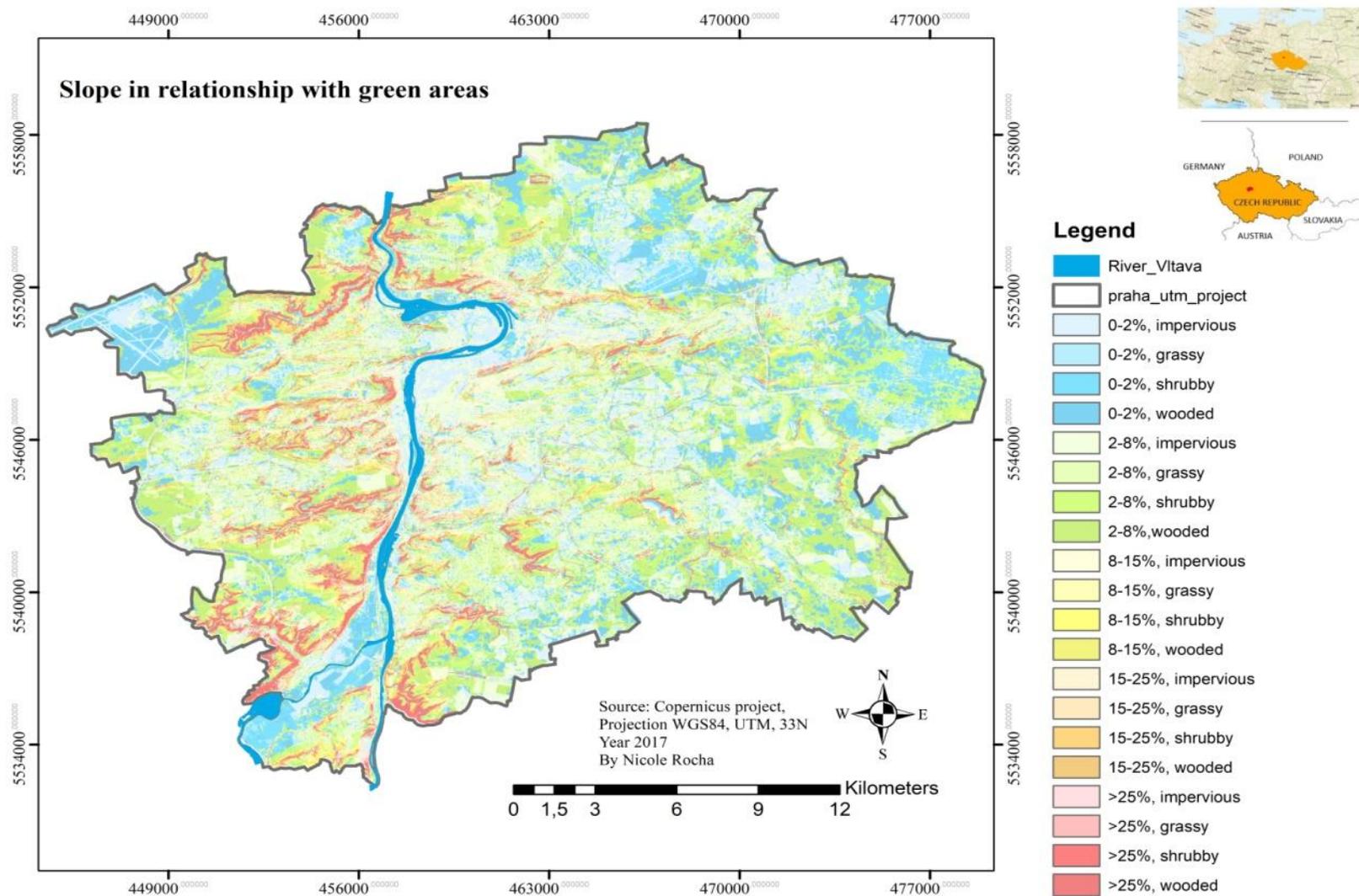
Depois de 1989, o Gabinete do Arquiteto Chefe de Praga deixou de existir, uma vez que era visto pela população como um produto do sistema socialista. Em 1994, o gabinete foi dividido em dois órgãos: a Autoridade de Desenvolvimento da Cidade de Praga, responsável pelo plano da cidade e a Seção de Planejamento Espacial da Prefeitura de Praga, responsável pelo zoneamento urbano sob o poder das subprefeituras. A primeira pós-revolução do Plano Diretor de Praga, conhecido como Plano de Uso do Solo para Capital de Praga, foi aprovada em 1999 e, em 2012, foi elaborado um Plano Metropolitano de Uso do Solo que dividiu a cidade em 10 distritos que possuem suas próprias subprefeituras. Em 2013, a Autoridade de Desenvolvimento da Cidade de Praga foi transformado no Instituto de Planejamento e Desenvolvimento de Praga, que se mantém até a atualidade (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Quanto à cobertura vegetal em Praga, o governo desenvolveu no plano nacional o conceito de “Územní Systém Ekologické Stability” (USES) ou “Territorial Systems of Ecological Stability” (Sistema Territorial de Estabilidade Ecológica) (TSES), termo adotado para não causar confusão com a palavra em inglês “use”. O TSES baseia-se no conhecimento e planejamento ecológico da paisagem, com o objetivo de proteger as áreas verdes por meio da criação de uma rede ecológica, conservando a vegetação existente e propondo novas áreas com significância ecológica, que possam contribuir para a conservação da biodiversidade no país (GÖRNER et al., 2011).

O TSES é subdividido em corredores biológicos funcionais e corredores biológicos não funcionais. Os corredores biológicos não funcionais são identificados como componentes críticos à rede de biocorredor que devem ser recuperados para se transformarem em corredores biológicos funcionais (GÖRNER et al., 2011).

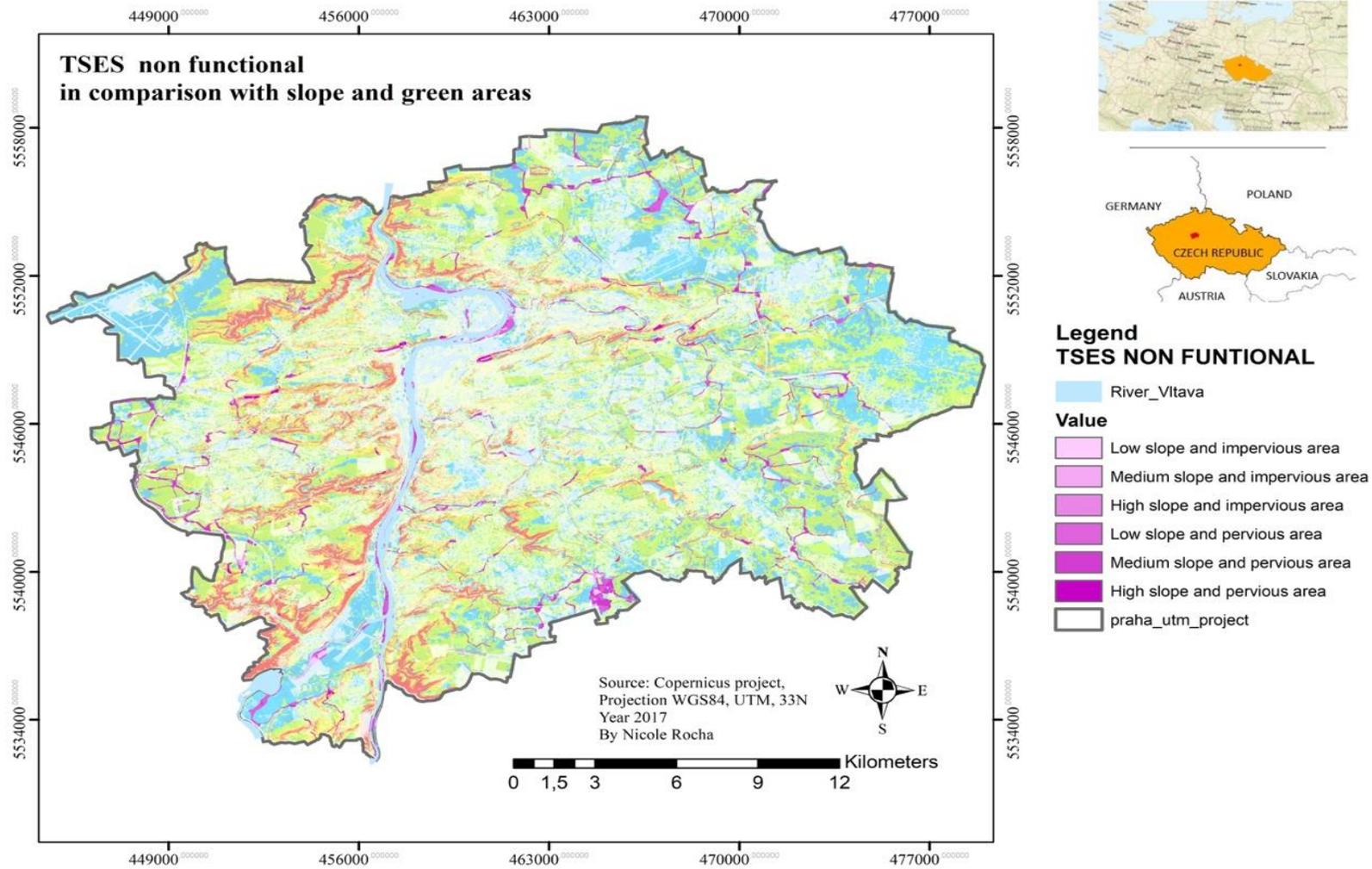
No artigo desenvolvido por Rocha et al. (2018), foram estudadas, por meio da análise combinatória, a relação entre a declividade e as áreas verdes (fig.26), e se os fragmentos de áreas verdes existentes coincidiam com as áreas definidas como TSES em Praga. O estudo comprovou a existência de uma relação entre as áreas verdes robustas e arbóreas e as altas declividades (de 15% a <25%), isto é, quanto maior o declive, maior a probabilidade de conservar as áreas verdes existentes. Além disso, muitas dessas áreas coincidiam com as áreas destinadas aos TSES ou parques, deixando as áreas mais planas para a expansão urbana (fig.27 e 28).

Fig. 26: Análise combinatória entre declividade e áreas verdes Declividade em relação a áreas verdes. Usos: impermeável, rasteira, arbustiva, arbórea.



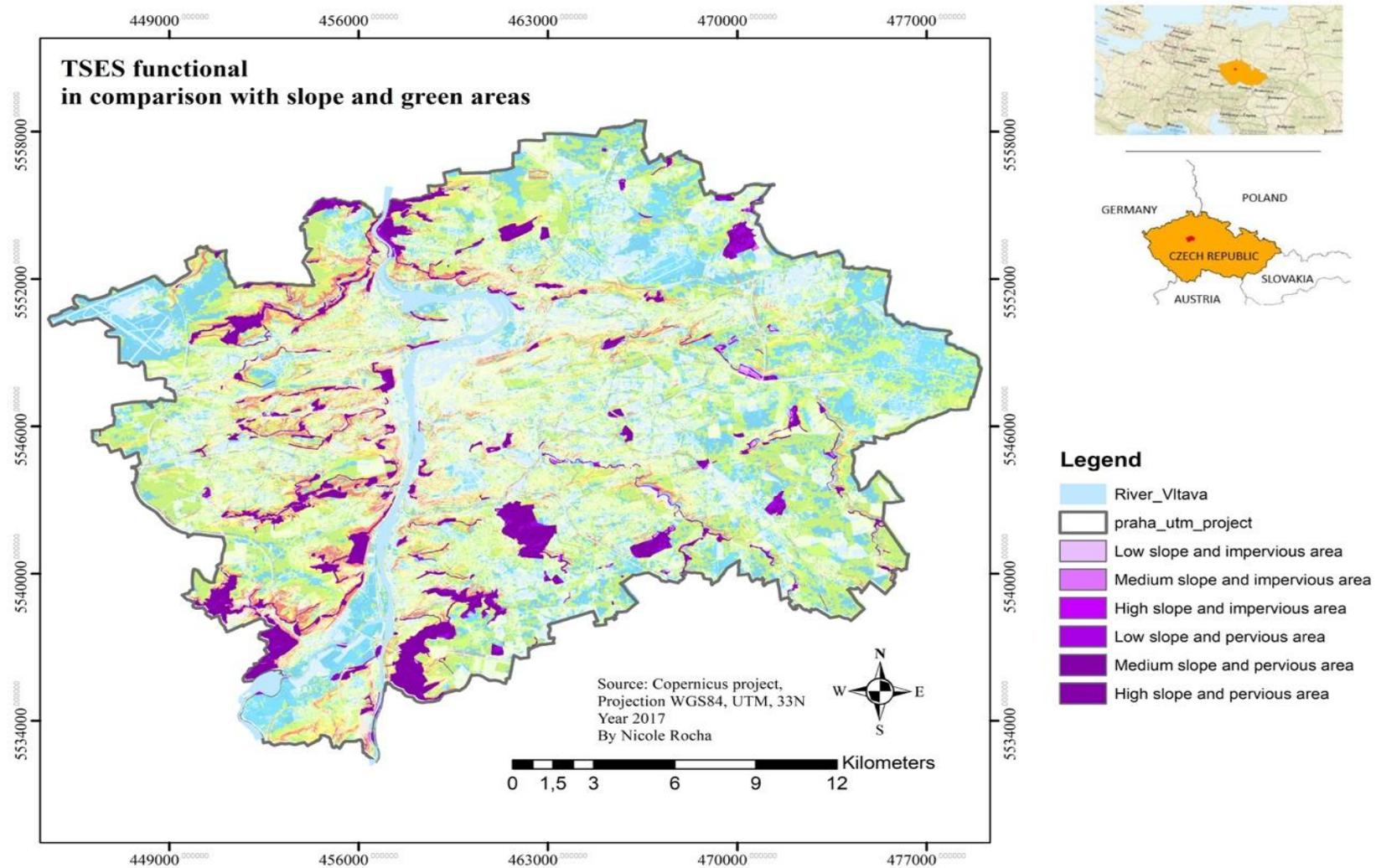
Fonte: Rocha et al. 2018.

Fig. 27: TSES não funcional em relação à declividade e às áreas verdes. Usos: baixo, médio e alta declividade em comparação com as áreas impermeáveis e permeáveis.



Fonte: Rocha et al. 2018.

Fig. 28: TSES funcional em relação à declividade e às áreas verdes. Usos: baixo, médio e alta declividade em comparação com as áreas impermeáveis e permeáveis.



Fonte: Rocha et al. 2018.

c) Juiz de fora

A origem de Juiz de Fora (fig.29) remonta à época das bandeiras paulistas, quando em 1704, foi construído o Caminho Novo, acesso alternativo ao Caminho Velho, que tinha por finalidade ser uma via mais rápida e de fácil acesso entre o litoral e as minas. Foi o primeiro passo para a ocupação do vale onde se encontra hoje uma parcela significativa da cidade. Nomeada Juiz de Fora, após ter sido vendida como sesmaria, em 1713, ao Dr. Luís Fortes Bustamante e Sá, um juiz de fora da cidade, natural do Rio de Janeiro, o local passou a ser designado “Sesmaria do Juiz de Fora”.

Fig.29: Foto panorâmica de Juiz de Fora – MG.



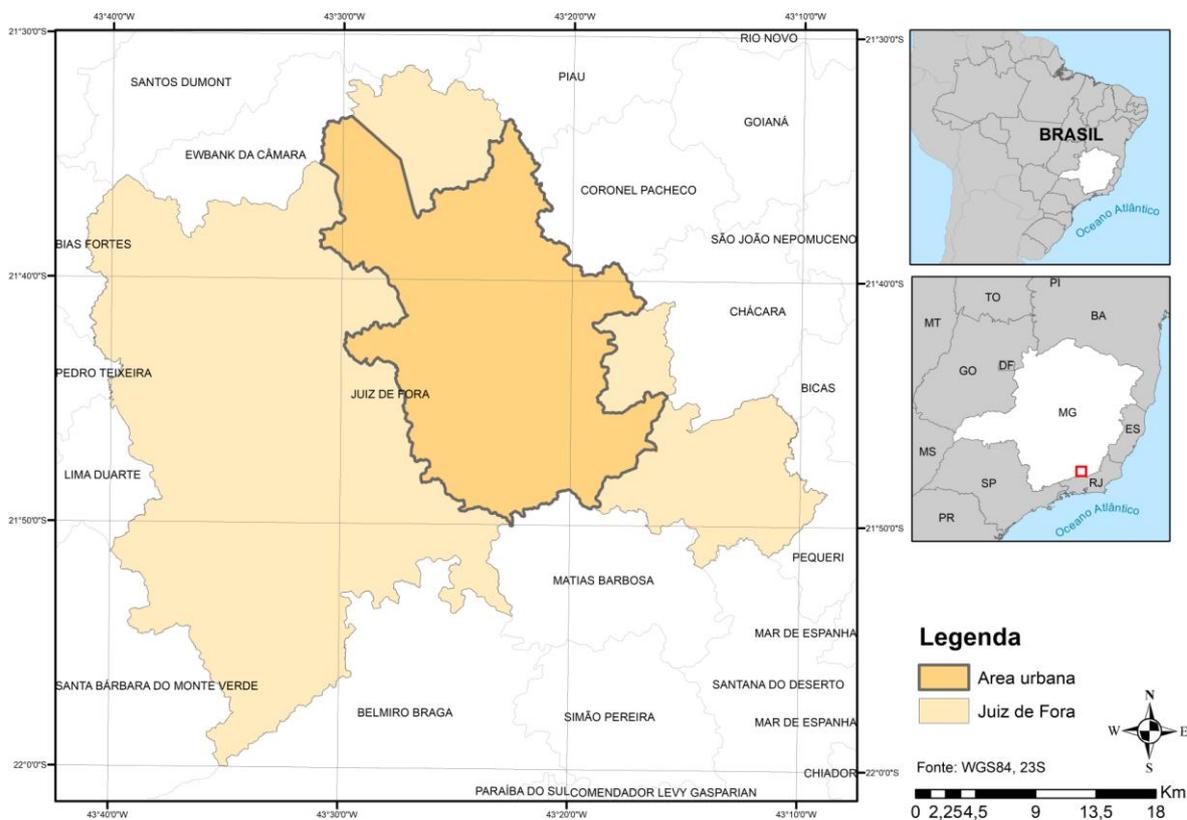
Fonte: disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Juiz_de_Fora, acessado em 12/12/2018.

A localidade continuou prosperando em função da construção da Estrada do Paraibuna, a fim de melhorar a ligação entre Vila Rica e Paraibuna, o que impulsionou o surgimento do arraial, sendo elevada a categoria de vila em 1850, com o nome de Santo Antônio do Paraibuna (PREFEITURA MUNICIPAL, 2004).

A cidade acompanhou a implantação da cafeicultura, sendo um polo de atração para as pessoas que buscavam uma alternativa ao esgotamento da exploração do ouro. O cultivo do café na região tornou Juiz de Fora referência de produção na Zona da Mata mineira. A cidade atraía também estrangeiros como mão de obra para a substituição do trabalho escravo, tanto para trabalhar nas lavouras, quanto para trabalhar nas pequenas indústrias que começavam a prosperar na região, contribuindo para o crescimento demográfico da cidade (OLIVEIRA, 1953).

Atualmente, Juiz de Fora é classificada como um município de médio porte, localizado na Zona da Mata mineira, com vegetação nativa de floresta tropical, expansão da Mata Atlântica (fig. 30).

Fig. 30: Localização do município de Juiz de Fora/MG.



Fonte: A Autora.

A cidade tem 516.247 habitantes, importante vetor de ligação entre o Rio de Janeiro e Belo Horizonte, possui 1.437,5 km² de área territorial, dos quais 446,551 km² - ou 31% do território do município - é urbana e 983,324 km² - 69% do território restante - é rural (Tabela 1 - IBGE, 2010). Ou seja, 98% da população de Juiz de Fora habita os 31% da área urbana do território, evidenciando a alta taxa de urbanização na cidade, representando um índice bem acima da média brasileira e estadual de pessoas vivendo no espaço urbano, vide tabela 02 (IBGE, 2010).

Tabela 2: População urbana e rural.

POPULAÇÃO	TOTAL	URBANA	RURAL	TAXA DE URBANIZAÇÃO
BRASIL	190.755.799	160.925.804	29.829.995	84%
MG	19.597.330	16.715.216	2.882.114	85%
JF	516.247	510.378	5.869	98%

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010.

Em Juiz de Fora, a distribuição das áreas verdes urbanas por habitante está concentrada em apenas 5 das 81 Regiões Urbanas definidas no plano diretor da cidade,

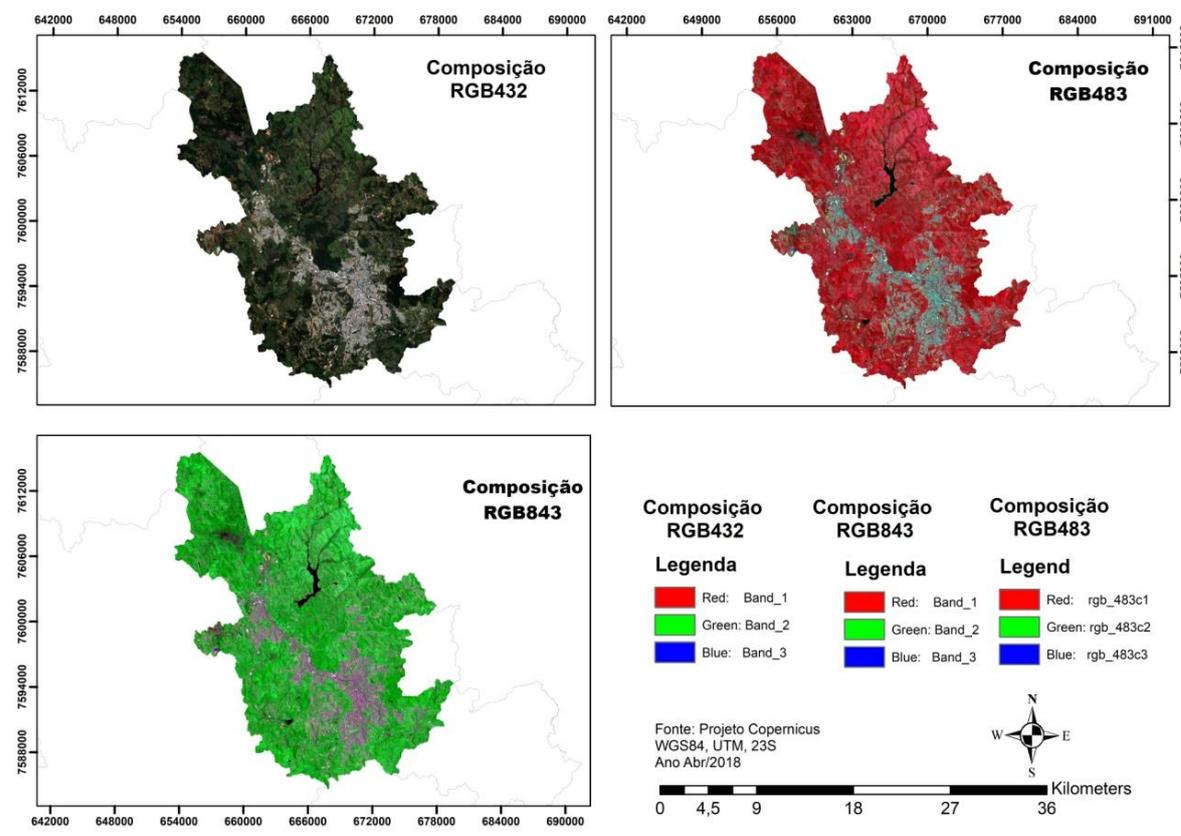
o que representa que apenas 6,17% da área urbana possui índices acima dos considerados ideais de áreas verdes, de acordo com o estabelecido pela Sociedade de Arborização Urbana de 12 m²/hab. de área verde (COSTA e FERREIRA, 2011).

As áreas verdes existentes na cidade (fig.31) destacam-se em vermelho na composição RGB483, na qual é possível perceber que as áreas verdes estão ao redor da mancha antropizada em cinza. Outra combinação que evidencia muito bem é a composição RGB843, na qual as áreas verdes aparecem em verde e em roxo, as áreas antropizadas.

Esse fator pode ser em parte explicado pela legislação que define a distribuição de áreas nos loteamentos da cidade. A Lei Federal 6766/79, que define o parcelamento do solo destinado a fins urbanos, estabelece que haja a destinação de um percentual de áreas para uso institucional, mas abre brechas para que a escolha das áreas, sejam elas para a cobertura vegetal ou não, fique a cargo da legislação municipal.

Dessa forma, a Lei Municipal n.º 6908/86 (PREFEITURA DE JUIZ DE FORA, 1986), Art. 10, define o mínimo de 35% da área do loteamento para uso público, dos quais 15% são destinados exclusivamente para equipamentos públicos e áreas livres públicas. Isso significa que os 15% não serão necessariamente utilizados para praças e parques, locais que geralmente contam com a presença arbórea, mas que podem ser destinados a equipamentos de cultura, saúde e lazer. Os 20% restantes podem ser contabilizados para as áreas de vias públicas e calçadas (áreas impermeabilizadas).

Fig. 31: Estudo de composição de cores de Juiz de Fora.



Fonte: A Autora

3.2. Produção de dados – construção da base cartográfica

Neste tópico, foi realizada a etapa de construção da base cartográfica da tese, por meio do acesso aos dados das divisões administrativas, curvas de nível, declividades, hidrografia, APPs (Áreas de Preservação Permanente) e a elaboração dos mapas de cobertura do solo por imagens ortofotos (de acesso por acordo de colaboração, mas que para reprodução por uma prefeitura seriam necessários investimentos financeiros), aplicados no estudo de caso da Pampulha e das imagens de satélite Sentinel (acesso gratuito), aplicadas nos estudos de caso de Praga e Juiz de Fora. Além disso, foi realizada a produção dos dados volumétricos para a análise da relação entre o volume vegetado e o volume edificado, em áreas indicadas como de condições favoráveis, segundo entrevistas que capturaram a expectativa da população.

a) Seleção das imagens

No estudo de caso da Pampulha foram utilizadas ortofotos com resolução de 20 cm, disponíveis por meio de parceria entre o Laboratório de Geoprocessamento da Escola de Arquitetura e a Prefeitura de Belo Horizonte (PBH). As ortofotos possuem ótima resolução espacial para o planejamento urbano, sendo consideradas geometricamente equivalentes aos mapas convencionais planimétricos, uma vez que todos os seus traços apresentam a mesma escala de definição, com a vantagem de permitir a visualização dos objetos e não apenas símbolos representativos. A partir dessa ferramenta, é possível medir distâncias, posições, ângulos e áreas. Para obtê-las, é necessário converter a imagem original (fotografia aérea), que é uma projeção cônica, em uma projeção ortogonal, corrigindo as deformações do relevo (fig.32) (R. mil. Cio e Tecnol., 1987; OLIVEIRA, 2011).

Fig.32: Ortofotomosaico sem e com edições nas linhas de corte.



Fonte: disponível em <https://goo.gl/4JymCo>, acesso 12/12/2018.

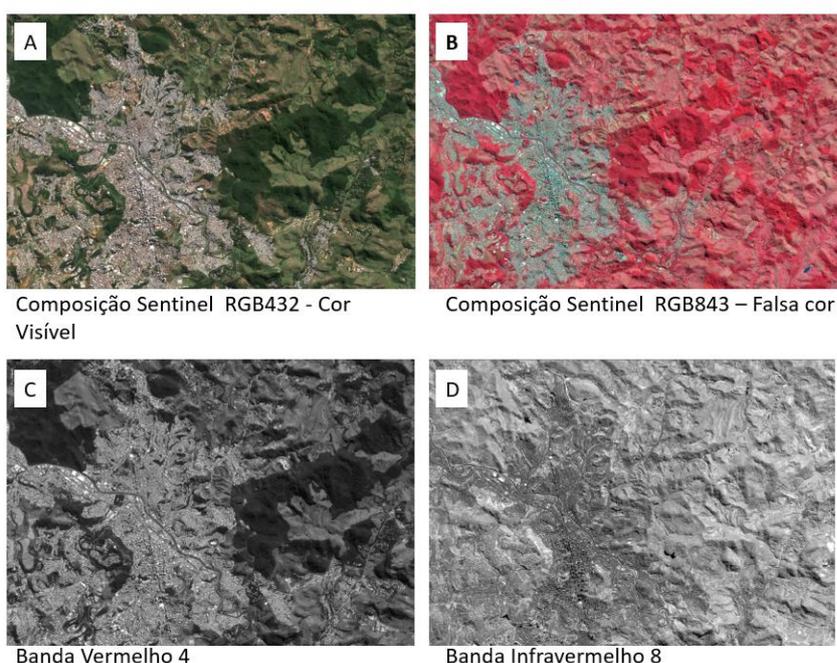
Quando não se tem acesso a imagens muito qualificadas, como é o caso das ortofotos, uma alternativa aceitável para a elaboração de informações sobre a cobertura do solo é a utilização das imagens Sentinel do projeto Copernicus¹¹, pois, além de sua aquisição ser gratuita, há imagens periodicamente atualizadas de todo o globo terrestre. Devido a essas vantagens, as imagens Sentinel foram aplicadas nos estudos de caso de Praga e Juiz de Fora. A escolha foi realizada em função da qualidade de resolução espacial (dimensão do pixel de 10 m), a resolução espectral (bandas em faixas do espectro eletromagnético disponíveis para as classificações, com ênfase na identificação

¹¹ Disponível em: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

e caracterização da cobertura vegetal pelo IR - infrared) e a resolução temporal (possibilidade de obter imagens mais recentes e, eventualmente, até mesmo de monitorar as mudanças na cobertura do solo).

O satélite Sentinel-2 é associado ao programa Copernicus da missão da Agência Espacial Europeia (ESA), recebendo esse nome em homenagem ao astrônomo Nicolau Copérnico. O programa da União Europeia visa o monitoramento e a observação da Terra para fornecer gratuitamente dados globais por satélite: terrestres, aéreos e marítimos. Seu instrumento multiespectral testemunha 13 bandas espectrais, no qual destacam-se as bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) (fig.33C) e 8 (infravermelho) (fig.33D) (PORTAL COPERNICUS ESA, 2017).

Fig. 33: Bandas e composições da imagens Sentinel, exemplo do estudo de caso Juiz de Fora, 2017.



Fonte: Autor.

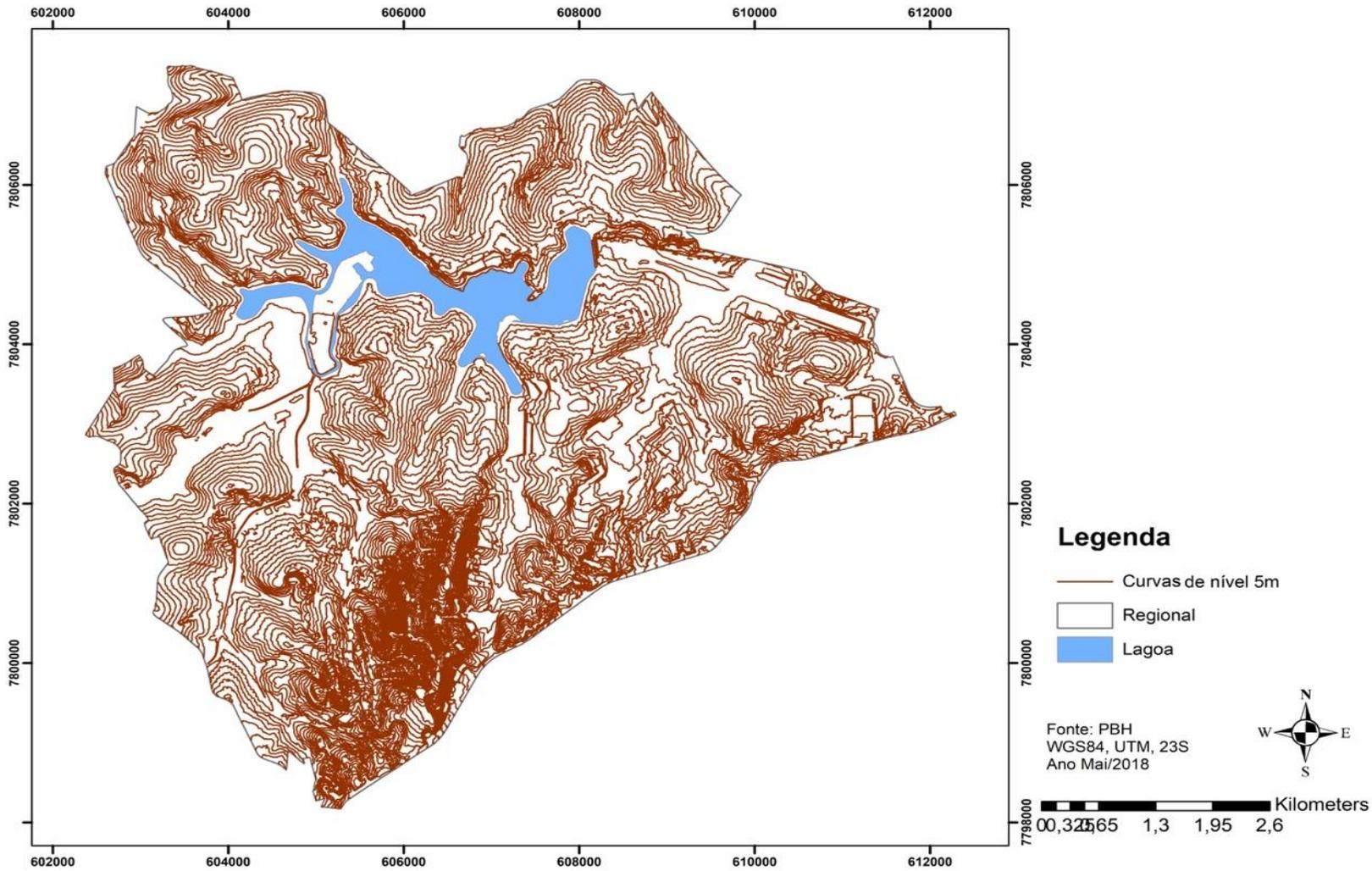
b) Escolha de fontes para mapeamento da altimetria e de declividades

O estudo das áreas verdes requer a combinação com outras condições existentes para a identificação de suas condições e reconhecimento de vulnerabilidades e potencialidades no território. Para tal, foram também construídos dados relativos à topografia (altimetria) e a aspectos da geomorfologia (declividades), que foram trabalhados na identificação das áreas de APPs (Proteção Permanente que definem declive acima de 45° ou 100% segundo a Lei 12651/2012 do Código Florestal), mas

optou-se pelo mapeamento de declividades acima de 30%, aparado pela lei 6766/1979 (Lei de Parcelamento) e pelas resoluções Conama (302/2002, 303/2002 e 369/2006). Nesse sentido, o estudo de declividades é mais amplo.

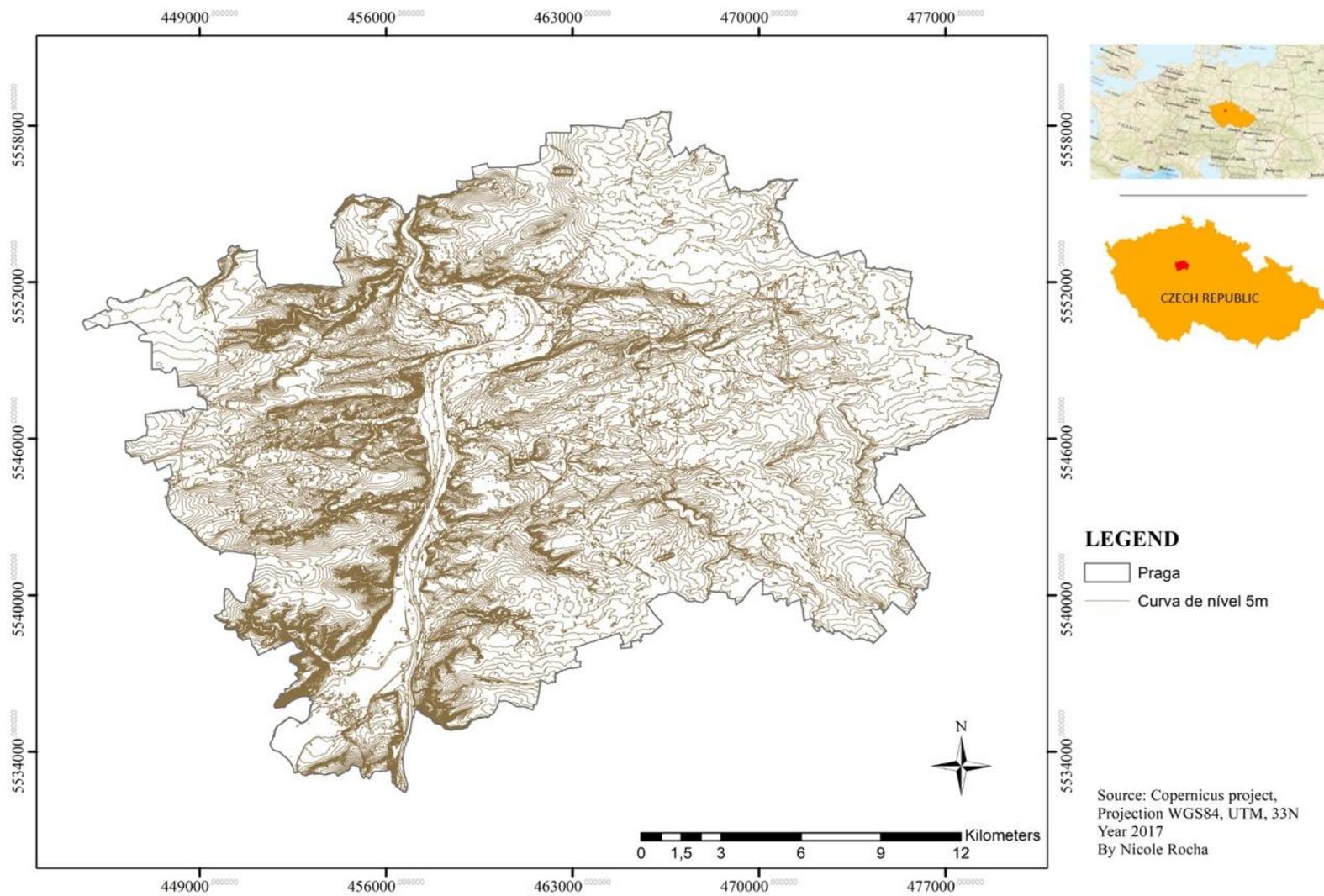
Foram utilizadas no estudo de caso da Pampulha as curvas de nível em formato vetorial fornecidas pela PBH (fig.34); no estudo de caso de Praga, as curvas de nível também vetoriais fornecidas pela Prefeitura de Praga (fig.34) e no estudo de caso de Juiz de Fora, a topografia foi obtida a partir da imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30 metros, retirada do site da NASA (fig. 36), que apresenta um modelo digital de relevo e favorece a extração de curvas de nível. Em todos os estudos de caso, foram mapeadas as altimetrias e as declividades, sendo selecionadas as declividades acima de 30% por terem restrições, nas leis brasileiras (Resoluções CONAMA, Lei 6766/79 e normativas brasileiras de APP, Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012 (fig. 37). Assim optou-se pelo recorte acima de 30% uma vez que esses valores especificados são próximos nas leis já citadas, se tornando-o mais abrangente

Fig. 34: Curvas de nível de 5 metros da Pampulha.



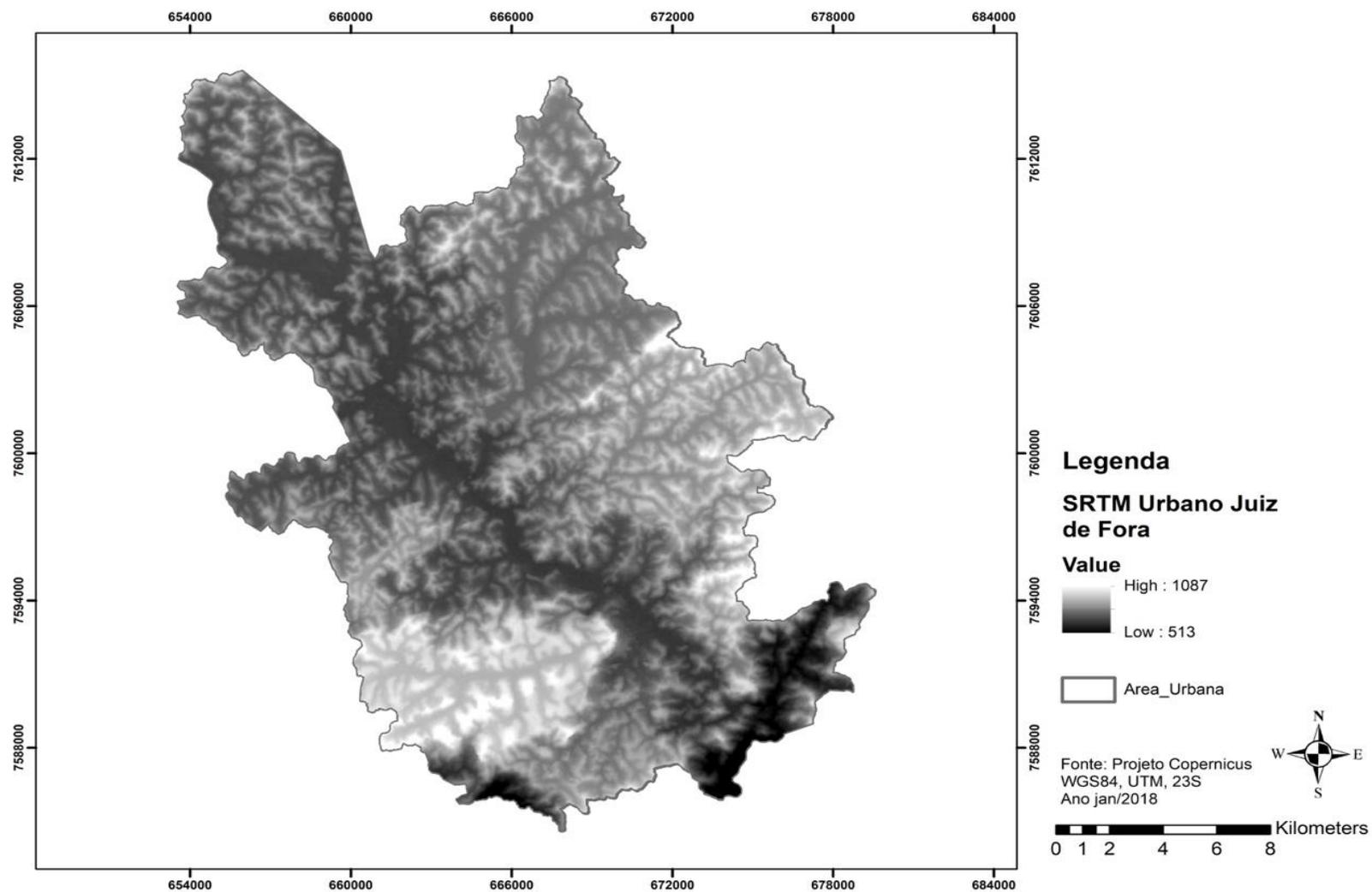
Fonte:A Autora.

Fig. 35: Curvas de nível de 5 metros de Praga.



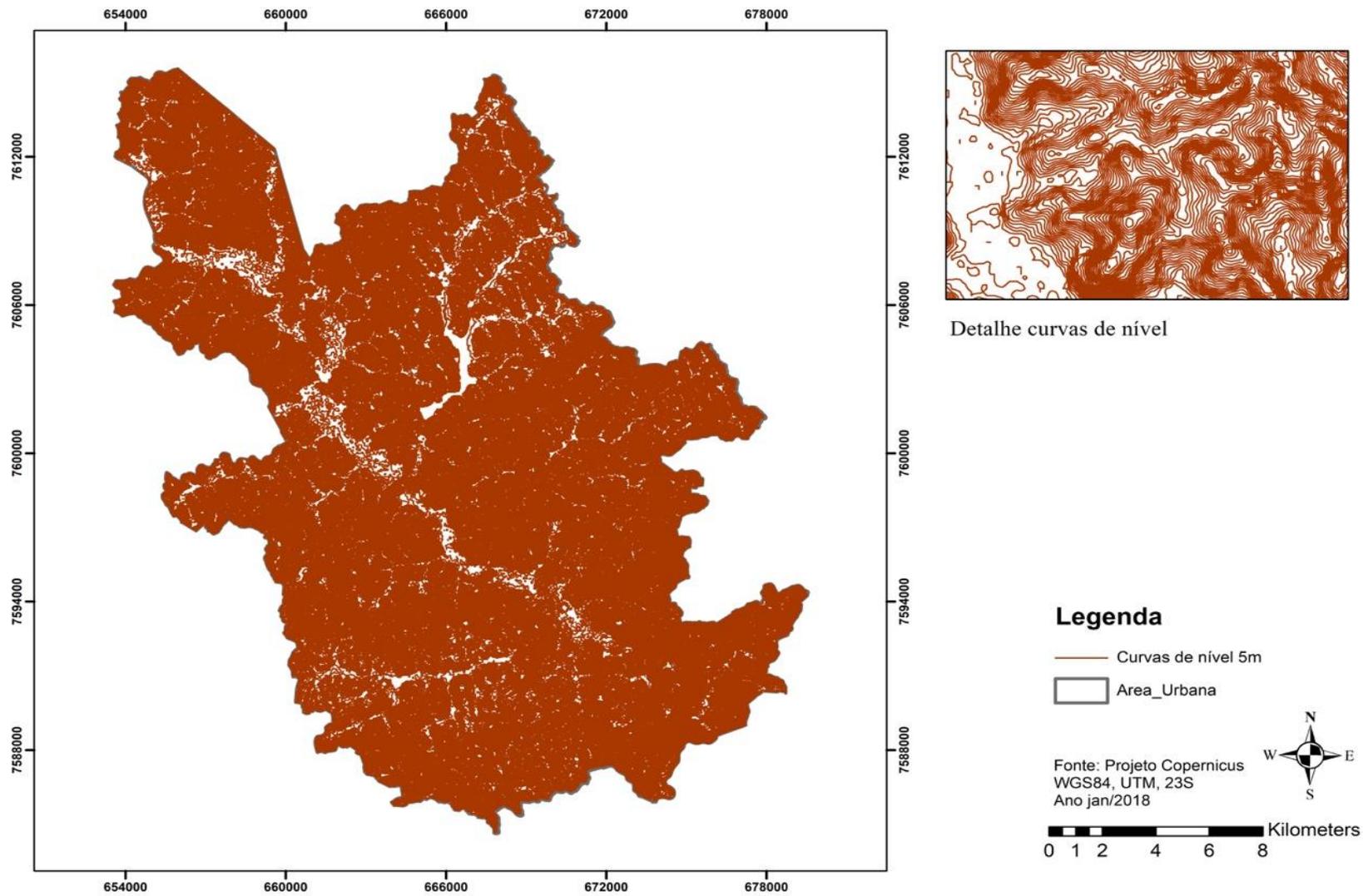
Fonte: A Autora.

Fig. 36: Imagem SRTM de Juiz de Fora com resolução de 30 metros.



Fonte: A Autora.

Fig. 37: Curvas de nível de 5 metros de Juiz de Fora gerada a partir da imagem SRTM.

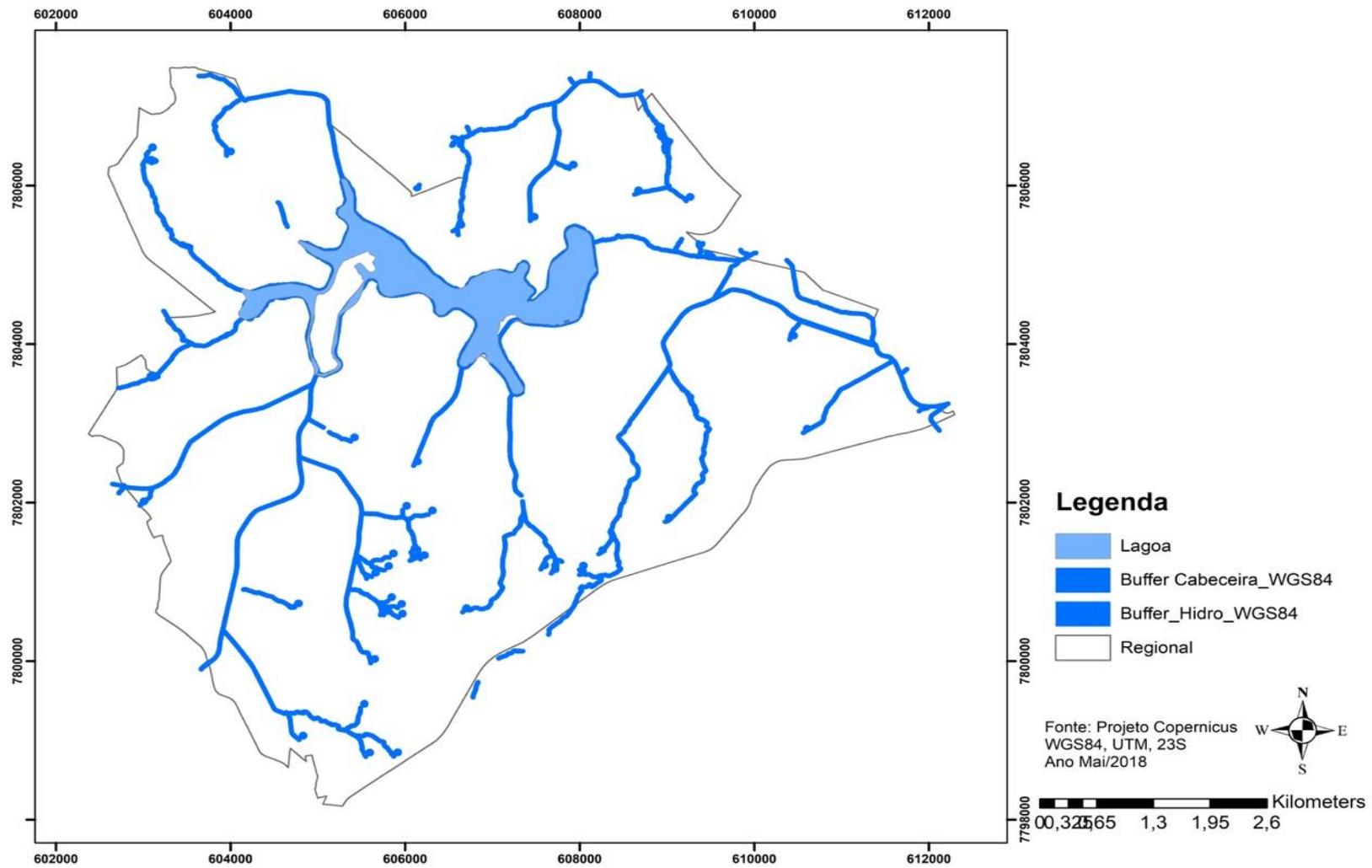


Fonte:A Autora.

c) Principais elementos da bases cartográficas

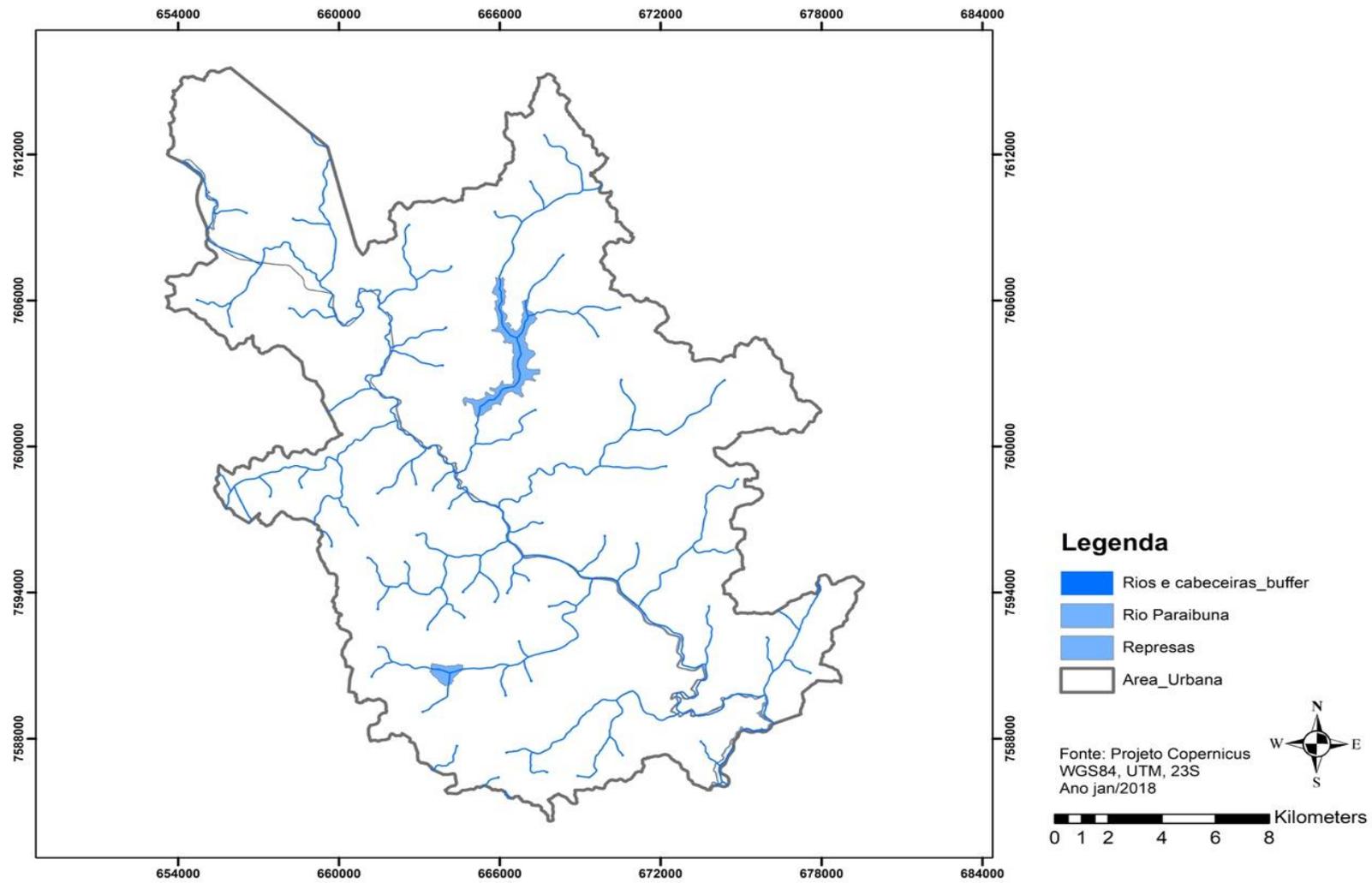
Ainda para a elaboração dos mapas de APPs, foi necessário o mapeamento dos cursos d'água presentes nos territórios estudados. Embora os dados da Pampulha tenham sido obtidos por acordo de colaboração para estudos de caso brasileiros, é possível ter acesso a esses dados por meio da Agência Nacional de Águas (ANA). Nos estudos de caso da Pampulha e de Juiz de Fora foram realizados buffers de 30 metros nos cursos d'água, 100 m de represas, e 50 m nas cabeceiras (de acordo com as normativas brasileiras de APP hídrica, Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012) (fig. 38 e 39).

Fig. 38: Hidrografia – Buffers de cabeceiras, represa e cursos d'água de acordo com as normativas de APP da Pampulha.



Fonte: Autor.

Fig. 39: Hidrografia - Buffers de cabeceiras, represas e cursos d'água de acordo com as normativas de APP de Juiz de Fora.



Fonte: Autor.

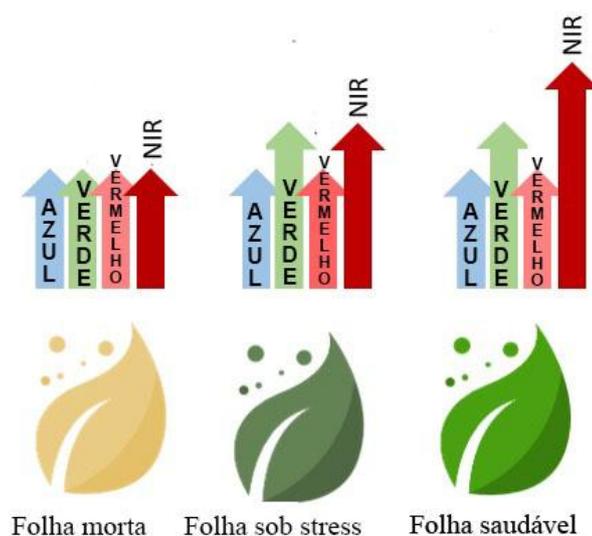
d) Produção do mapa de Cobertura do Solo

Para a produção do mapa de Cobertura do Solo, era necessário aplicar uma ferramenta que fosse capaz de identificar e separar a camada de áreas verdes existentes (vegetação gramínea, vegetação arbustiva e vegetação robusta ou arbórea) da camada de área antropizada. O índice escolhido foi o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

O NDVI é um índice que analisa a condição da vegetação no recorte de estudo por meio de sensoriamento remoto. O primeiro trabalho científico usando o NDVI foi conduzido pelo Dr. John Rouse, diretor do Centro de Sensoriamento Remoto da Texas A&M University, em 1973, logo após o lançamento do LANDSAT 1. Porém, a formulação do índice foi feita em uma série de estudos de Compton Tucker da NASA alguns anos antes (ROUSE et. al., 1973; MYNENI et al., 1995; ROCHA et al., 2016).

O NDVI se baseia na assinatura espectral do comportamento dos alvos, que apresentam respostas específicas relacionadas à fotossíntese, cujo processo absorve a radiação solar na região do vermelho (Fig. 40). As células das plantas refletem fortemente na região do infravermelho próximo (NIR), sendo que as porções absorvidas no vermelho e refletidas no infravermelho variam de acordo com as condições das plantas.

Fig. 40: Resposta espectral da vegetação.



Fonte: elaborado pela autora.

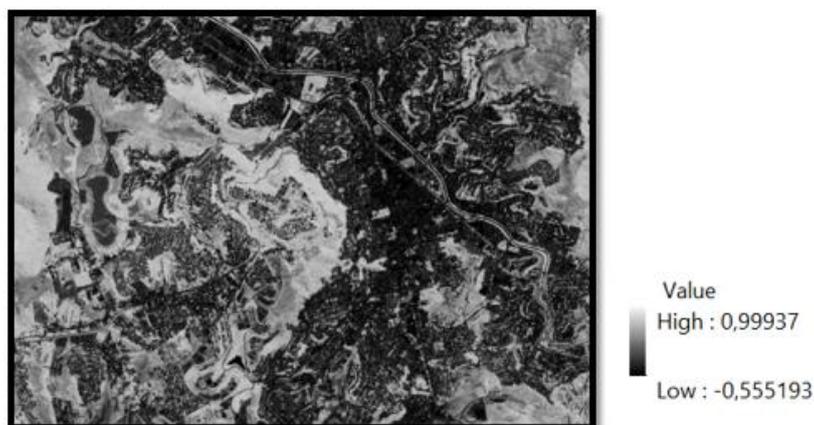
O índice é definido por:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Onde: NIR é a reflectância no infravermelho próximo e Red é a reflectância no vermelho.

Por ser um índice normalizado, a imagem resultante apresenta valores entre -1 e +1 (fig. 40), distribuídos em variações de tons de cinza, na qual podemos classificar por faixas de aproximação.

Fig. 41: Fragmento de NDVI aplicado ao estudo de caso de Juiz de Fora.

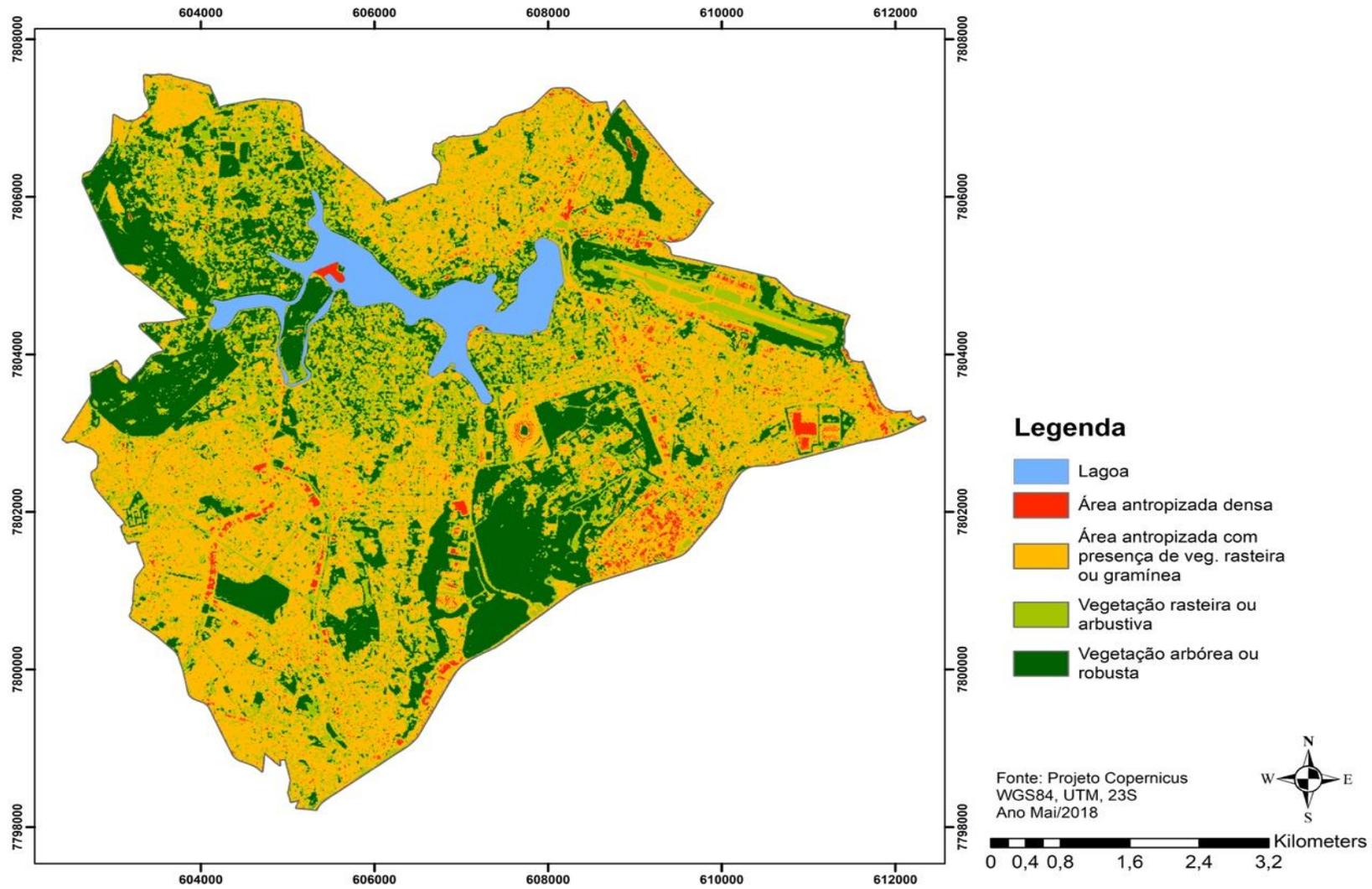


Fonte: Autora.

Assim, foi aplicado o NDVI para a elaboração dos mapas de Cobertura do Solo nos três estudos de caso, Pampulha (fig. 42); Praga (fig. 44) e Juiz de Fora (fig.46), como resultado parcial da tese, dividindo o resultado em quatro camadas: 1- área antropizada densa (área construída, solo exposto, água e sombra) na cor vermelha; 2 - área antropizada com a presença de vegetação rasteira ou gramínea na cor verde-clara; 3 - vegetação rasteira ou arbustiva na cor verde médio; e 4 - vegetação arbórea ou robusta na cor verde-escura.

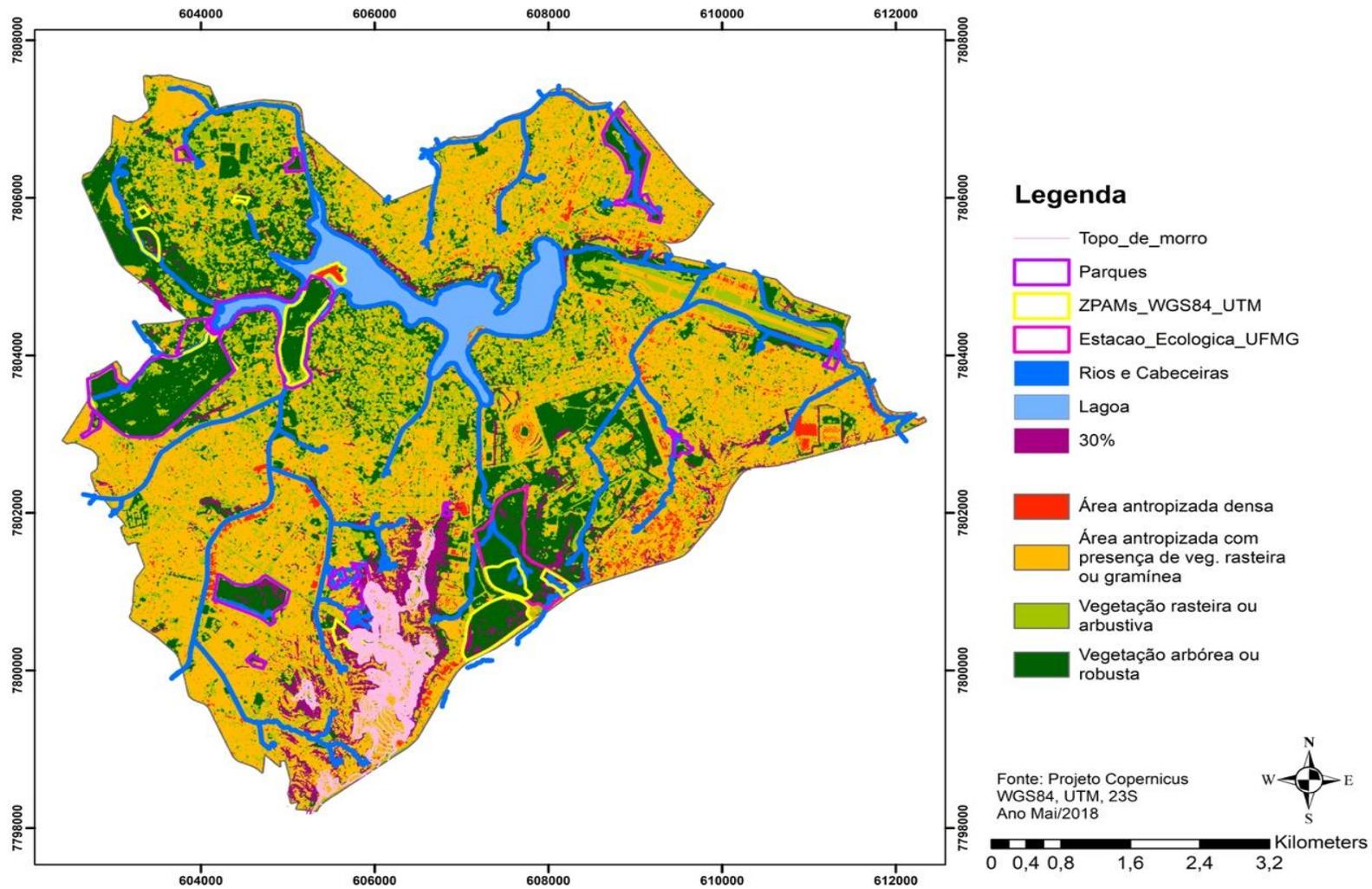
No estudo de caso de Praga foram acrescentadas as camadas de TSES (fig.45). Nos mapas de Cobertura do Solo foram acrescentadas as camadas de ZPAMs, parques, APPs (Áreas de Preservação Permanente – utilizadas nos estudos de caso de Juiz de Fora e Pampulha devido a normativa ser brasileira) e Unidades Protegidas (fig. 43 e 47). De uma maneira geral, é possível perceber, nos mapas dos estudos de caso, que as grandes manchas de áreas verdes nas cidades são áreas que já contam com alguma proteção, seja municipal, estadual, ou federal.

Fig. 42: Mapa de Cobertura do Solo Pampulha.



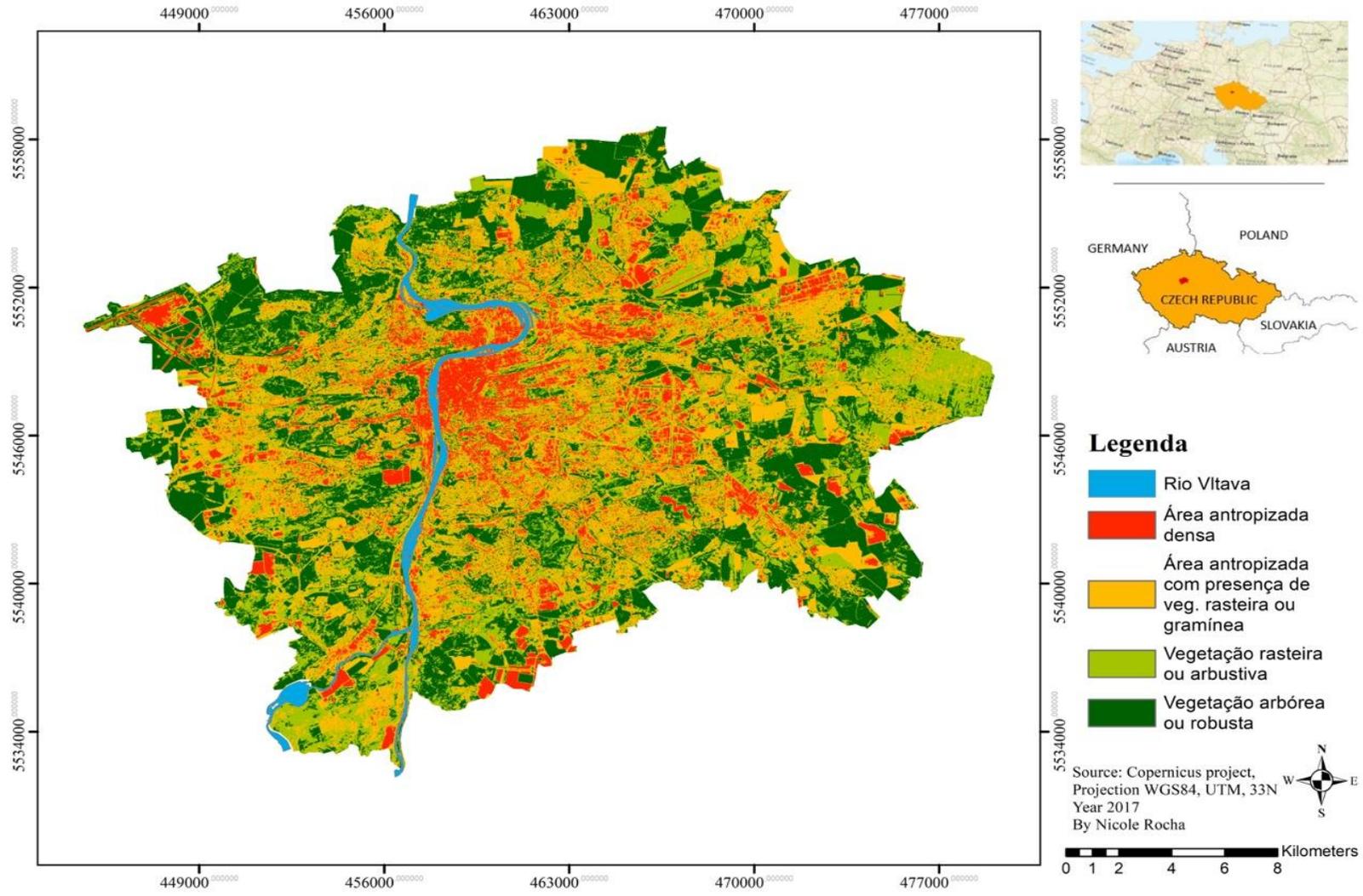
Fonte: Autora.

Fig. 43: Mapa de Cobertura do Solo Pampulha acrescidas as camadas de ZPAMs, parques, APP.



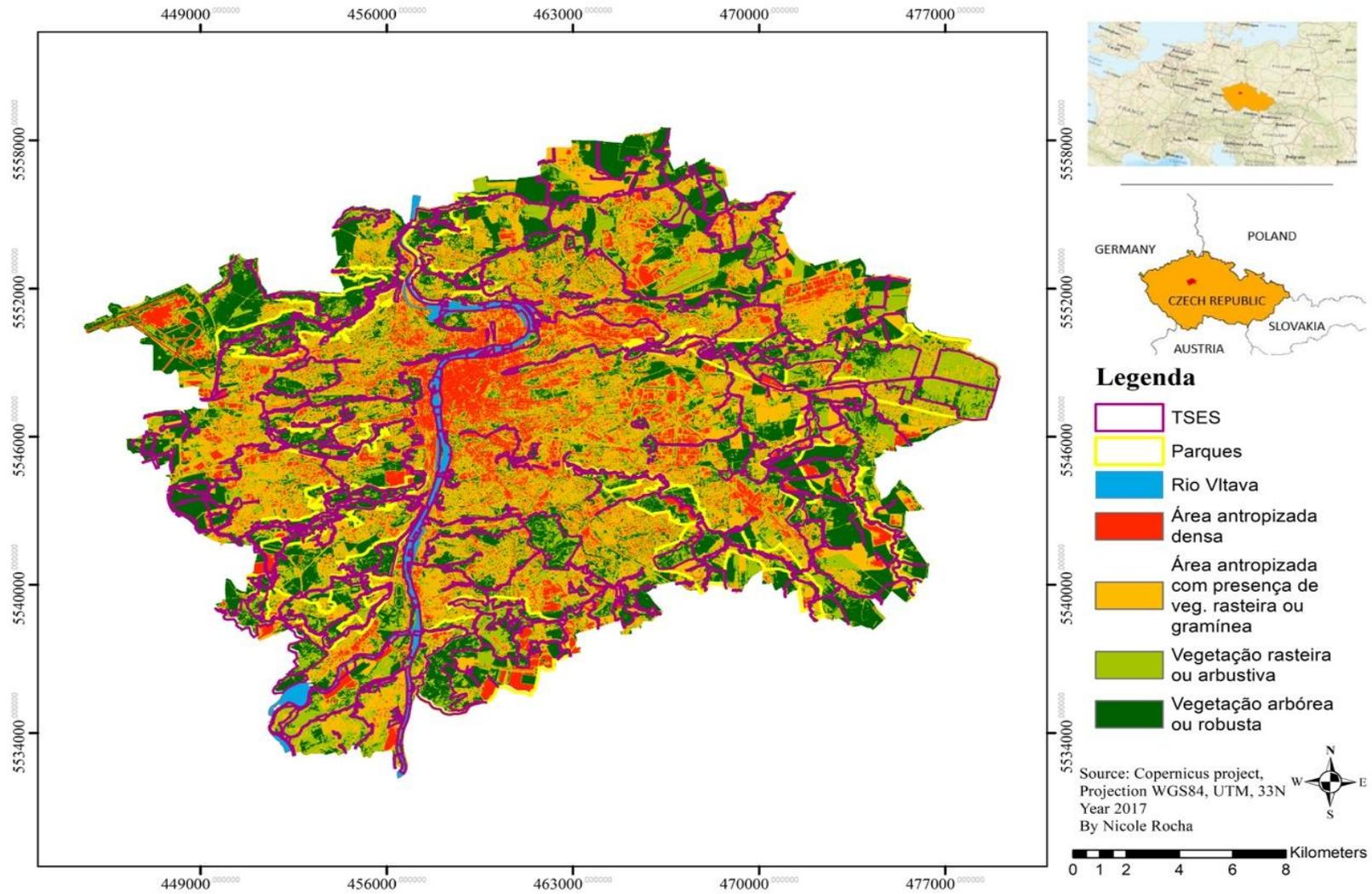
Fonte: Autora.

Fig. 44: Mapa de Cobertura do Solo Praga.



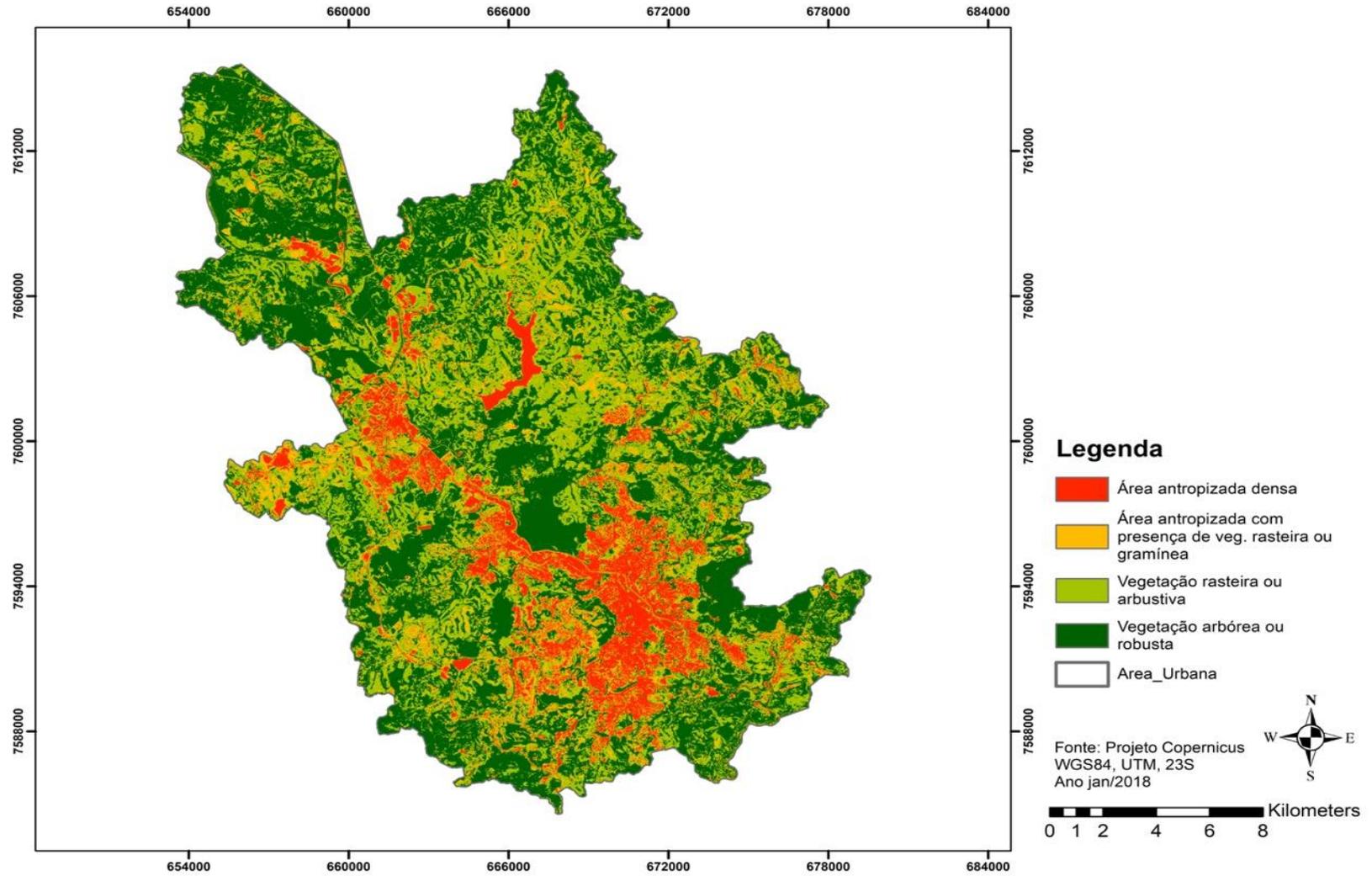
Fonte: Autora.

Fig. 45: Mapa de Cobertura do Solo Praga acrescida a camada de TSES e parques.



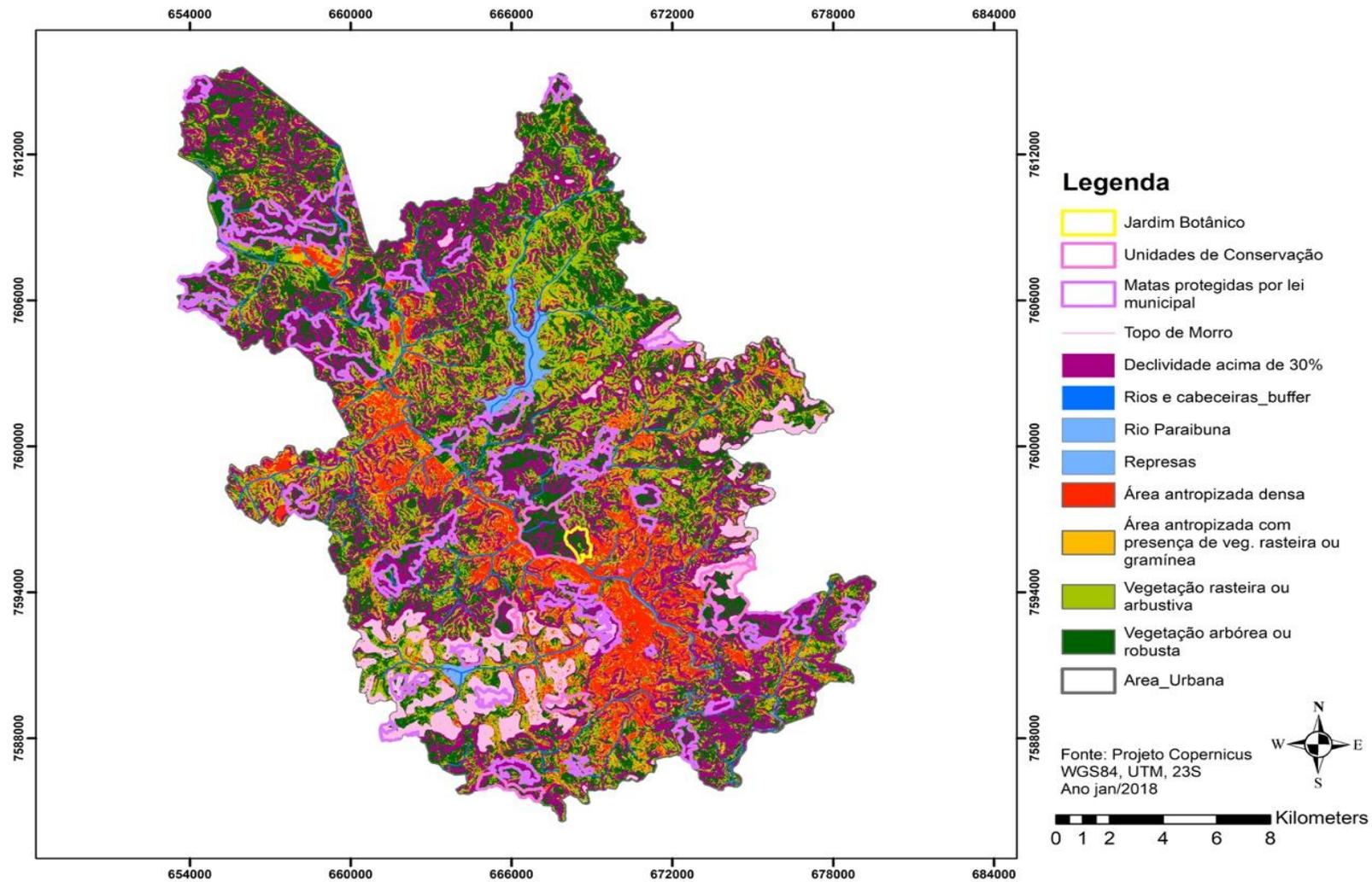
Fonte: Autora.

Fig. 46: Mapa de Cobertura do Solo Juiz de Fora.



Fonte: Autora.

Fig. 47: Mapa de Cobertura do Solo Juiz de Fora acrescidas das camadas de APP e parques.



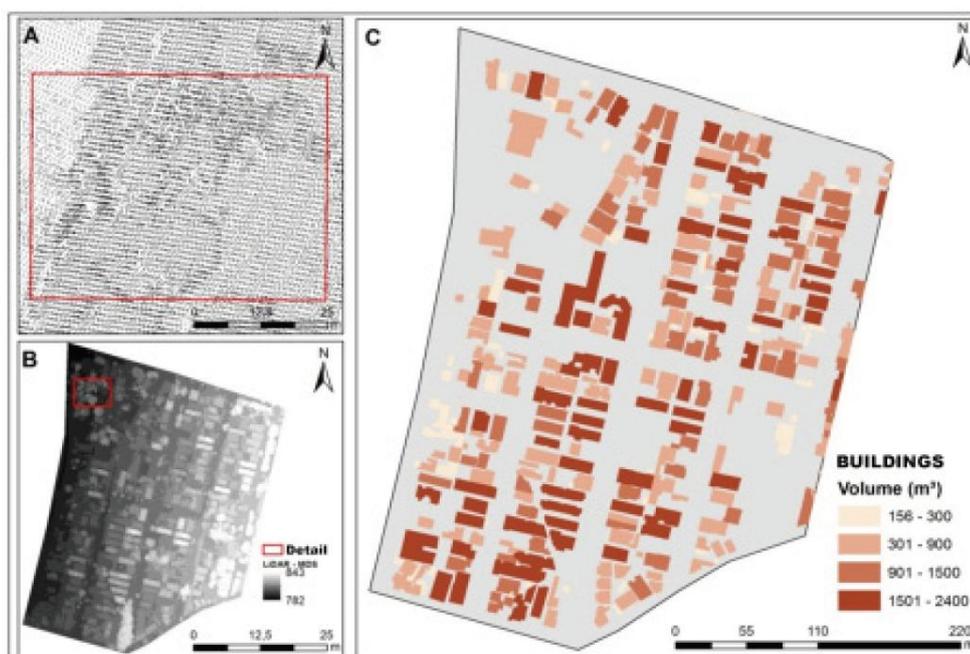
Fonte: Autora.

e) Acesso às informações sobre dados volumétricos

Para o estudo da proporção entre o volume vegetado e o volume edificado, foi necessário conhecer as projeções e as alturas das edificações e das vegetações existentes. Os cálculos são necessários para se avaliar se a proporção definida pela população (através de investigação de percepção ou questionários de indicação da paisagem ótima) já foi atingida e deve ser preservada, ou não foi atingida e deve ser meta nos planos diretores.

No estudo de caso da Pampulha, realizado em função da excelente qualidade de dados, o primeiro passo para obtenção dos dados volumétricos foi a utilização da nuvem de pontos 3D originada pelo LiDAR (*Light Detection and Ranging*) disponibilizada pela parceria com a PBH. A tecnologia LiDAR proporcionou novos usos e possibilidade de levantamentos espaciais para estudos da superfície terrestre, baseada na técnica de sensoriamento ativo. Apresentou uma ótima capacidade de adquirir informações em curtos intervalos de tempo por meio do uso de *lasers*, para adquirir nuvens de pontos tridimensionais contendo as coordenadas X, Y, Z, bem como a intensidade da reflexão, número de eco (retorno) e outros atributos (GIONGO et al. 2010; RIBAS et al., 2014; Sena et al, 2018).

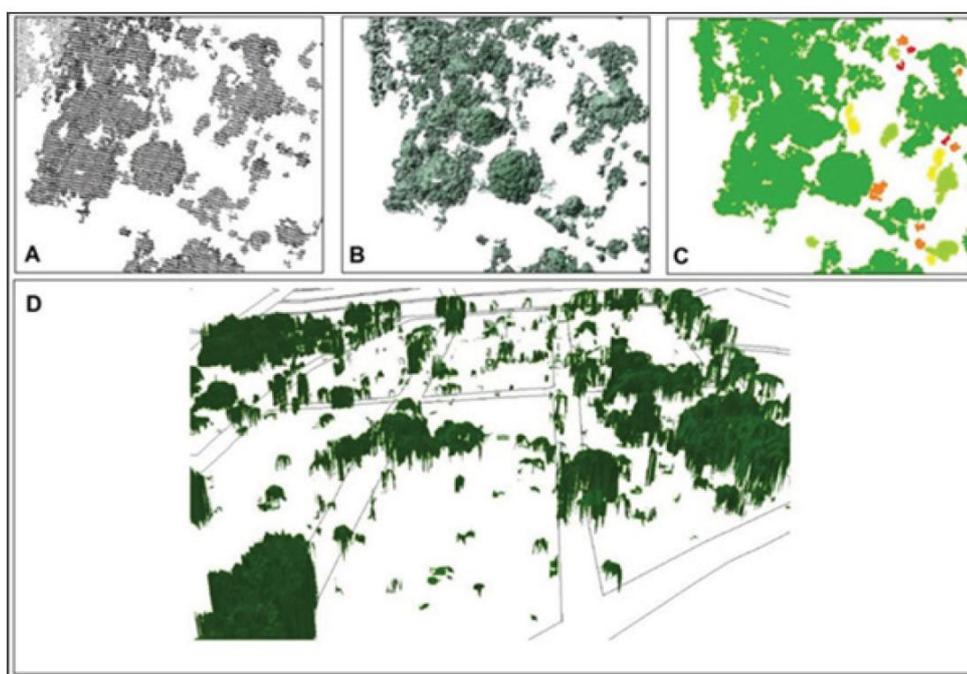
Fig.48: a) Nuvem de pontos b) Modelo Digital de Terreno (MDT) c) modelo volumétrico das edificações.



Fonte: Sena et al, 2018.

As aplicações do LiDAR, em geral, são mais direcionadas para a criação do Modelo Digital de Terreno (MDT) e do Modelo Digital de Superfície (MDS), favorecendo a modelagem de qualquer rugosidade existente na superfície terrestre, como a de edificações (fig.48) e copas das árvores (fig.49). Na mesma missão de captura da nuvem de pontos em Belo Horizonte, foram também obtidas imagens de resolução de 20 cm que, além de excelente resolução, são separadas nas bandas do visível e do IR (*infrared*, o infravermelho), o que favorece mapeamentos da cobertura vegetal.

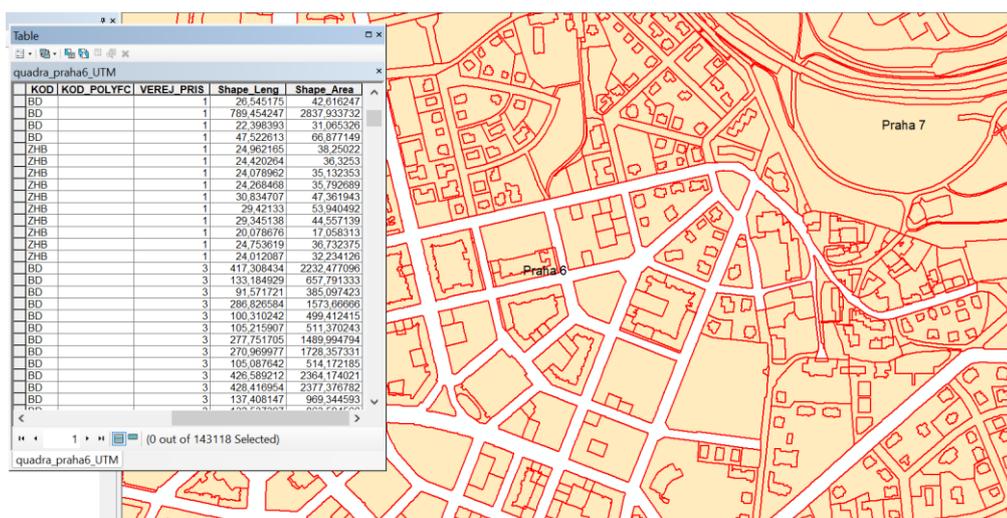
Fig.49: a) Nuvem de pontos b) TIN (Triangulated Irregular Network) com destaque para vegetação extensa c) Cálculo dos volumes de fragmentos de vegetação d) visualização 3D dos fragmentos de vegetação.



Fonte: Sena et al, 2018.

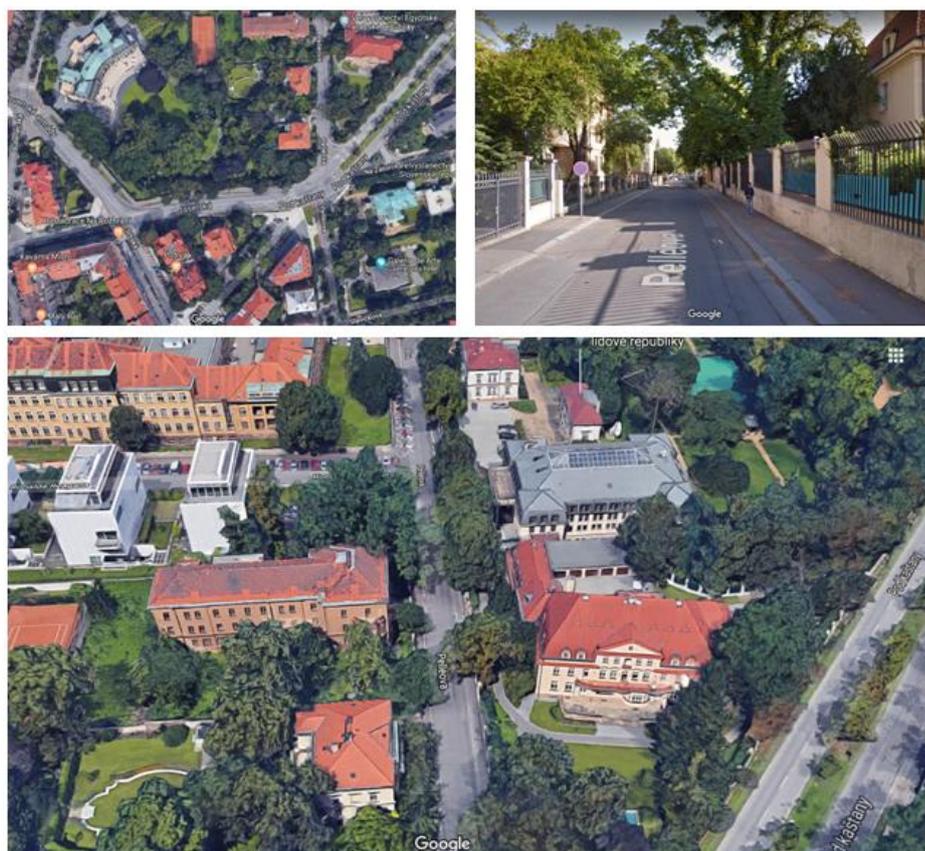
Para o estudo de caso de Praga, o volume edificado foi obtido pelas shapefiles das projeções das edificações obtido no site da Prefeitura (infraestrutura de dados espaciais de livre acesso), bem como os gabaritos (fig. 50). Já o volume vegetado foi estimado a partir das imagens na plataforma de livre acesso Google StreetView (fig.51).

Fig.50:Shapefile das projeções das edificações e gabaritos.



Fonte: A Autora.

Fig.51:Volume estimado da vegetação existente a partir das imagens de Google Street View.



Fonte: Imagens extraída pelo Google Street View.

No estudo de caso de Juiz de fora, os volumes construídos e vegetados também foram estimados pelo acesso à plataforma do Google StreetView por meio da inspeção

visual dos elementos (fig.52) pois, apesar de termos tido informações sobre a existência de dados LiDAR de 2007, o acesso a eles não é livre ou gratuito. Justifica-se, também o emprego dos dados do Google StreetView para que o método empregado fosse reproduzível em outras realidades brasileiras

Fig.52: Exemplo do cálculo do volume estimado da vegetação e edificações existentes a partir das imagens de Google Street View.



Fonte:A Autora.

3.3 Identificação da expectativa cidadã através de questionário

Após a elaboração dos mapas de Cobertura do Solo com vistas à identificação das áreas antropizadas e das áreas verdes existentes, partiu-se para a etapa da entrevista ou expectativa cidadã. Esta etapa teve por objetivo conhecer a percepção das pessoas do lugar a respeito do que elas identificam como o ideal de proporção entre áreas verdes e área edificada, na espera de se chegar a um índice de referência para cobertura vegetal urbana individualizada e tangível, que reflita os valores de ideal de cada comunidade, sem priorizar números e rankings. A proposta desse questionário é contribuir para os planos diretores, permitindo a participação do cidadão no planejamento urbano de sua cidade, além de fomentar a conscientização que não cabe apenas ao poder público regular e promover as áreas verdes urbanas, mas cabe também ao cidadão essa inclusão, através das práticas nos lotes por iniciativas individuais.

O estudo de caso da Pampulha, foi o primeiro estudo no qual foi aplicado o questionário buscando conhecer a percepção das pessoas e o que elas entendiam como uma boa relação entre área edificada e área verde (ROCHA *et al.*, 2017) e aprimorado

para os demais estudos de caso. Em Praga, o estudo foi feito a partir da indicação técnica de professores e alunos da Universidade Técnica de Praga, que reconheceram a área mais propícia para se verificar a proporção do volume vegetado e construído, que representasse uma condição padrão (que não fosse área histórica, mas sim a tipologia predominante de Praga a partir do desenvolvimento modernista urbano). No estudo de caso de Juiz de Fora, foi aplicado um questionário para conhecer as áreas indicadas pela população que, de acordo com a percepção da maioria, apresentavam uma boa relação entre áreas verde e área construída.

No estudo de caso Pampulha que pode ser conhecido com mais detalhes no artigo de Rocha et al, (2017), o questionário apresentava três imagens que retratavam três realidades distintas para cada área homogênea, sempre usando fotografias locais caracterizadas como: boa qualidade de arborização e áreas verdes; média qualidade de arborização e áreas verdes e baixa qualidade de arborização e áreas verdes. E duas perguntas: “Qual dessas fotos melhor caracteriza essa região?” e “Qual dessas fotos você indica como um futuro ideal para essa região?”. Foram entrevistadas 30 pessoas, número definido a partir do mínimo estipulado método Delphi¹², que indica mínimo de 15 colaboradores, e número mínimo também previsto nos estudos de percepção espacial proposto por Lynch “A Imagem da Cidade” (1960).

Ao se compilar os dados do questionário, foi identificada a ocorrência do efeito NIMBY¹³ (*Not in my backyard*) (FIGEREDO, FIDÉLIS, 2003; POL, 2003), isto é, apesar das pessoas entenderem a cobertura vegetal como um valor e verbalizarem sobre isso de modo genérico, elas não selecionavam as paisagens mais arborizadas como o futuro esperado para as áreas onde residiam ou trabalhavam. Esse resultado foi uma grande surpresa, pois embora falassem sobre a importância da vegetação, elas associavam as

¹² O método Delphi, segundo Moura (2007), consiste na decisão compartilhada entre especialistas a respeito do nível de importância de cada variável, seguindo a lógica de maximização do consenso de opiniões. Com isso, os especialistas são solicitados a julgarem a importância de cada variável em análise para o motivo de investigação. As participações devem ser anônimas, de modo que não se revele ao grupo informações sobre os colaboradores, e indica-se o mínimo de 15 participantes. Feita uma primeira rodada de tomada de opiniões é calculada a média das respostas, que é apresentada a cada participante, que tem a oportunidade de comparar os resultados com a própria opinião, e fazer ajustes em suas respostas, em uma segunda rodada de opiniões. A decisão final é a média das opiniões desta segunda rodada. Trata-se de construção de maximização de consenso, para que se chegue a uma coleção de valores de modo compartilhado.

¹³ A chamada síndrome NIMBY é um termo formado pelas iniciais “*Not in my backyard*”, em um tradução livre significa “não no meu quintal”, refere-se a uma reação contrária do que se espera de um grupo de pessoas sobre uma determinada área de interesse específico. Por exemplo, todos os países desejam controlar a emissão de gases do efeito estufa dos outros países, mas não no seu.

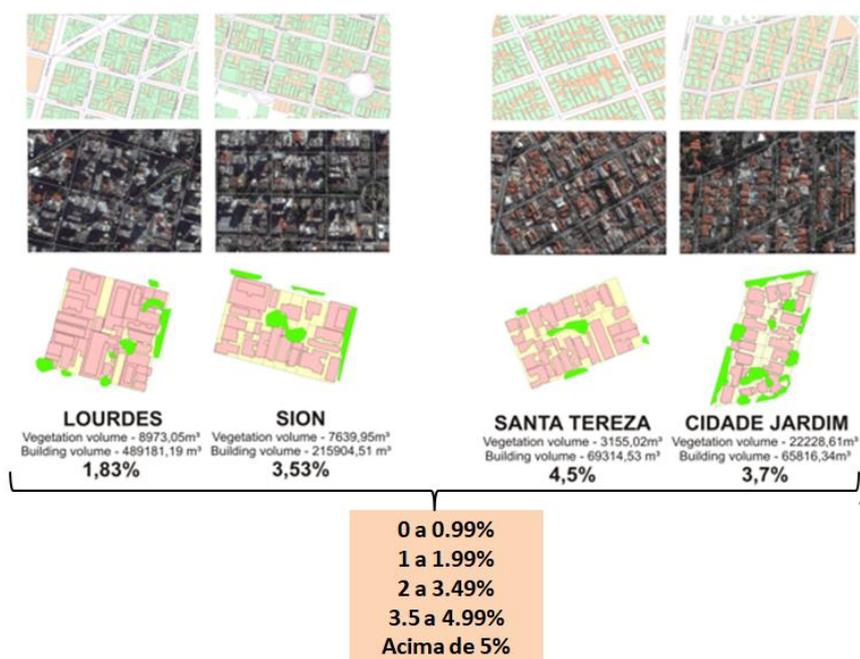
paisagens mais edificadas e com maior volume construído como um sinônimo de valorização imobiliária e crescimento, e isso prevalecia nas expectativas.

Diante do efeito “nimby” observado no primeiro resultado, foi elaborado um novo questionário, baseado no método da indicação indireta da expectativa, ou seja: foi solicitado a um grupo de moradores de Belo Horizonte (50 voluntários entre alunos de Arquitetura e Urbanismo) que indicassem bairros na cidade e não somente da Regional Pampulha, nos quais consideravam que havia uma boa relação entre áreas verdes e área construída. Assim foi possível conhecer de forma mais abrangente qual bairro na cidade era reconhecida como uma boa relação área vegetada por área construída, possibilitando a elaboração de um índice geral da cidade.

As entrevistas apontaram quatro bairros com essas características: Lourdes, Sion, Santa Tereza e Cidade Jardim. A partir dessa indicação, foi calculada, para um conjunto de quadras de cada bairro, a relação entre volume edificado e volume vegetado, obtendo índices por quadra.

No bairro de Lourdes, a relação entre vegetação e os edifícios por quadra foi de 1,83% de vegetação para cada 100 m³ de volume total existente na área. No bairro de Sion, o volume de vegetação representa 3,53% do volume total, enquanto que no bairro de Santa Tereza, representa 4,5% e no bairro Cidade Jardim 3,7%. As áreas escolhidas são caracterizadas como verticalizadas no caso de Lourdes e Sion e não verticalizadas, no caso de Santa Tereza e Cidade Jardim (Fig. 53).

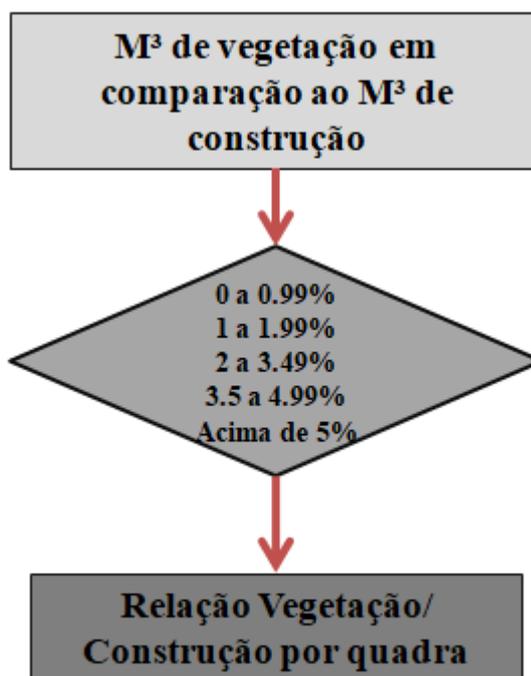
Fig. 53: Exemplos de estudos comparativos para a Pampulha a partir de bairros de referência em Belo Horizonte.



Fonte: Adaptado de Rocha et al., 2017

De posse da relação entre área vegetada por área construída por quadra na realidade de Belo Horizonte, já conhecendo como acontecem os índices em porções consideradas de qualidade ambiental, em termos de cobertura vegetal urbana, o resultado dos índices foi aplicado para realidade de Pampulha, para o qual o resultado dos índices foi dividido em uma escala de 5 faixas para a proporção entre volume vegetado e volume edificado: 0 a 0.99%, 1 a 1.99%, 2 a 3.49%, 3.5 a 4.99% e acima de 5% (fig. 54).

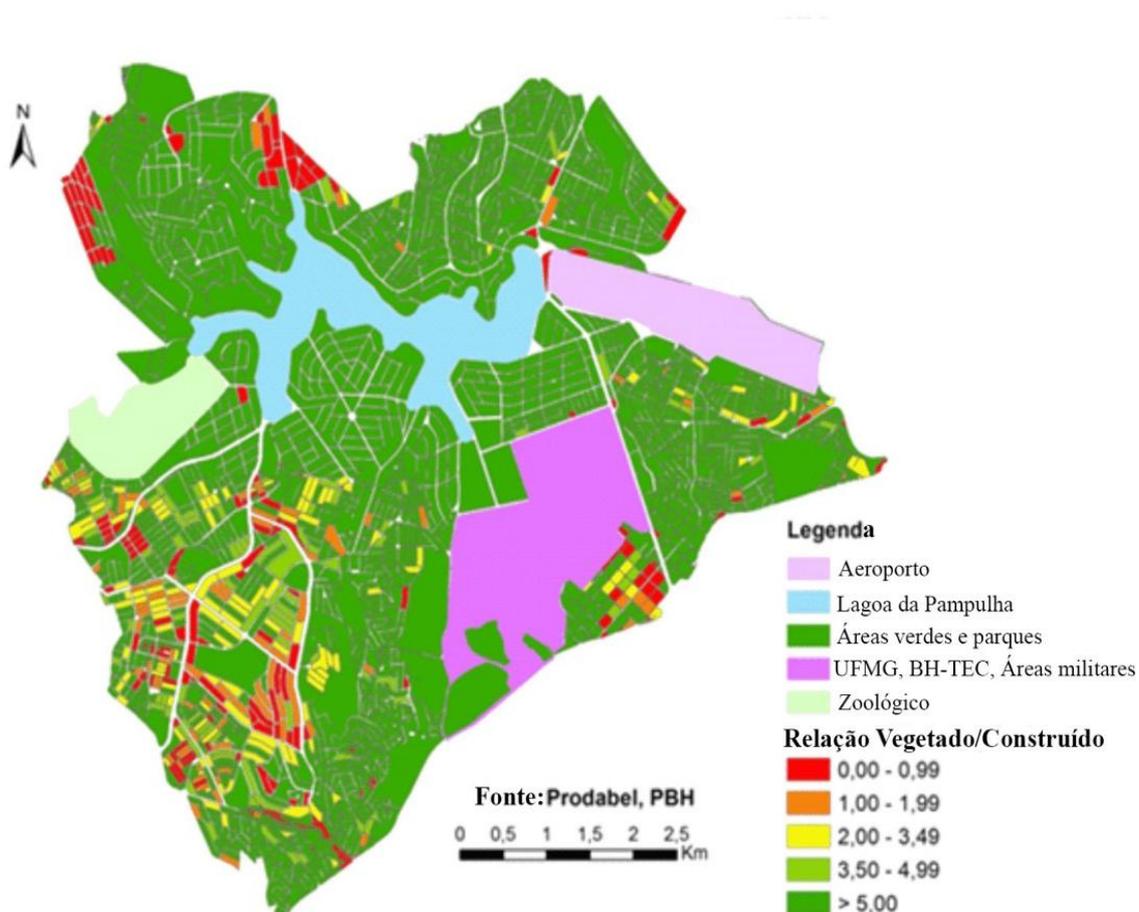
Fig. 54: Estudos de composições de índices volume edificado & volume vegetado.



Fonte: Adaptado Rocha et al., 2017.

O resultado do estudo de caso das proporções entre volumes edificados e volumes vegetados por quadra na Regional Pampulha mostrou que região pode ser considerada com uma área qualificada em termos de volume vegetado por volume construído, uma vez que apresentam a maioria das suas áreas acima de 5% de acordo com o índice criado em comparação a média de Belo Horizonte que fica entorno de 3% (Fig. 55).

Fig.55: Relação por quadra entre volume vegetado e volume construído.



Após o estudo de caso de Pampulha, deu-se o seguimento para o estudo de caso de Praga, sendo escolhido o distrito de Praga 6, por meio da indicação técnica dos professores e alunos da Universidade Técnica de Praga. O distrito é uma região próxima ao centro histórico da cidade, criada na década de 30 (fig.56), planejada por um rígido controle de gabaritos e locação no terreno, deixando áreas livres estratégicas para a expansão urbana, com a preocupação em mesclar áreas destinadas a edificações comerciais e institucionais com áreas residenciais, permeadas por parques e avenidas arborizadas (INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PRAGA, 2013).

Fig. 56: Ortofotos da localização do distrito de Praga 6 de 1938 e 2017.



Fonte: disponível em: <http://app.iprpraha.cz/js-api/app/OrtofotoArchiv/>, acessado em 17/12/2018.

O distrito de Praga 6 conseguiu manter uma boa relação entre a área construída e a cobertura vegetal. É nessa região também que se encontra a Universidade Técnica de Praga e o aeroporto da cidade (fig.57).

Fig. 57: Distrito de Praga 6 – República Tcheca.

Praga 6 – República Tcheca



Gen. Píky



Vaňankova



Narodní Obrany



Fonte: Imagens retiradas do GoogleStreetView adaptada pela autora.

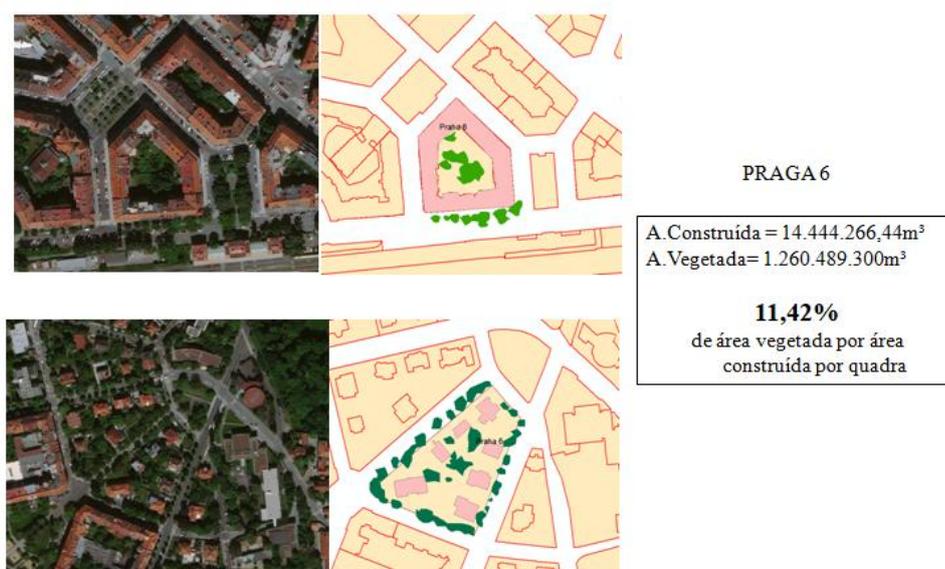
Para o cálculo das áreas e volumes edificados, foram utilizados dados oficiais retirados do site geoportal da prefeitura de Praga¹⁴, que favoreceram a obtenção das

¹⁴ Disponível em: <http://www.geoportalpraha.cz/en/main#.XBgRz2hKg2w>, acessado em 15/05/2017 e disponível em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-2/gis-files/czech-republic-shapefile>, acessado em 17/12/2018.

delimitações de quadras, das projeções das áreas construídas, bem como os gabaritos das edificações. Para o cálculo das áreas e volumes verdes, foram utilizados os dados do mapa de Cobertura do Solo obtidos por classificação da imagem Sentinel, por meio da aplicação do NDVI, que resultou na identificação dos fragmentos e cálculo de suas áreas, e para o volume vegetado, foi arbitrada uma altura média de 7 m para as árvores, multiplicado pela área dos fragmentos.

Foi calculado o percentual da cobertura vegetal em relação ao volume edificado por quadras em uma amostragem do distrito, que apresentou uma relação de média de um pouco mais de 11% de volume vegetado por quadra. A morfologia típica do bairro é constituída, em geral, pela implantação do edifício nas extremidades das quadras, sem afastamentos frontais, deixando uma área interna para jardins privados.

Fig. 58: Exemplo de cálculo do índice de relação de volume vegetado por volume construído por quadra em dois exemplos de localidades de Praga 6, representativos das principais tipologias existentes.



Fonte: A autora.

Quando as tipologias habitacionais são conformadas por casas, que apresentam uma implantação central, deixando seu entorno para jardins. Vale destacar que Praga 6, conta com grandes equipamentos urbanos tais como o aeroporto e a universidade, ocupações essas que incluem extensas áreas verdes que podem influenciar, em índices bem maiores que os praticados em Belo Horizonte (fig. 58).

Assim, seguindo a lógica desenvolvida em Pampulha e a experiência com uma área verde qualificada como Praga, partiu-se para o estudo de caso de Juiz de Fora. Foi aplicado um questionário com perguntas uma pergunta direta: “Para você, qual bairro de Juiz de Fora tem bom equilíbrio entre edifícios e vegetação?” e um espaço para comentar sobre essa escolha. Neste questionário, baseado na experiência de Pampulha, evitou-se o uso de imagens que poderiam condicionar as decisões, deixando o entrevistado livre para a escolha de um bairro da cidade que ele julgasse como um bom exemplo entre área construída e vegetada.

A partir dos comentários realizados questionário, foi elaborada uma nuvem de palavras a fim de identificar os valores escolhidos pelas pessoas, por meio da síntese de pensamentos das áreas citadas e para identificação das características a serem consideradas no planejamento urbano (fig. 59).

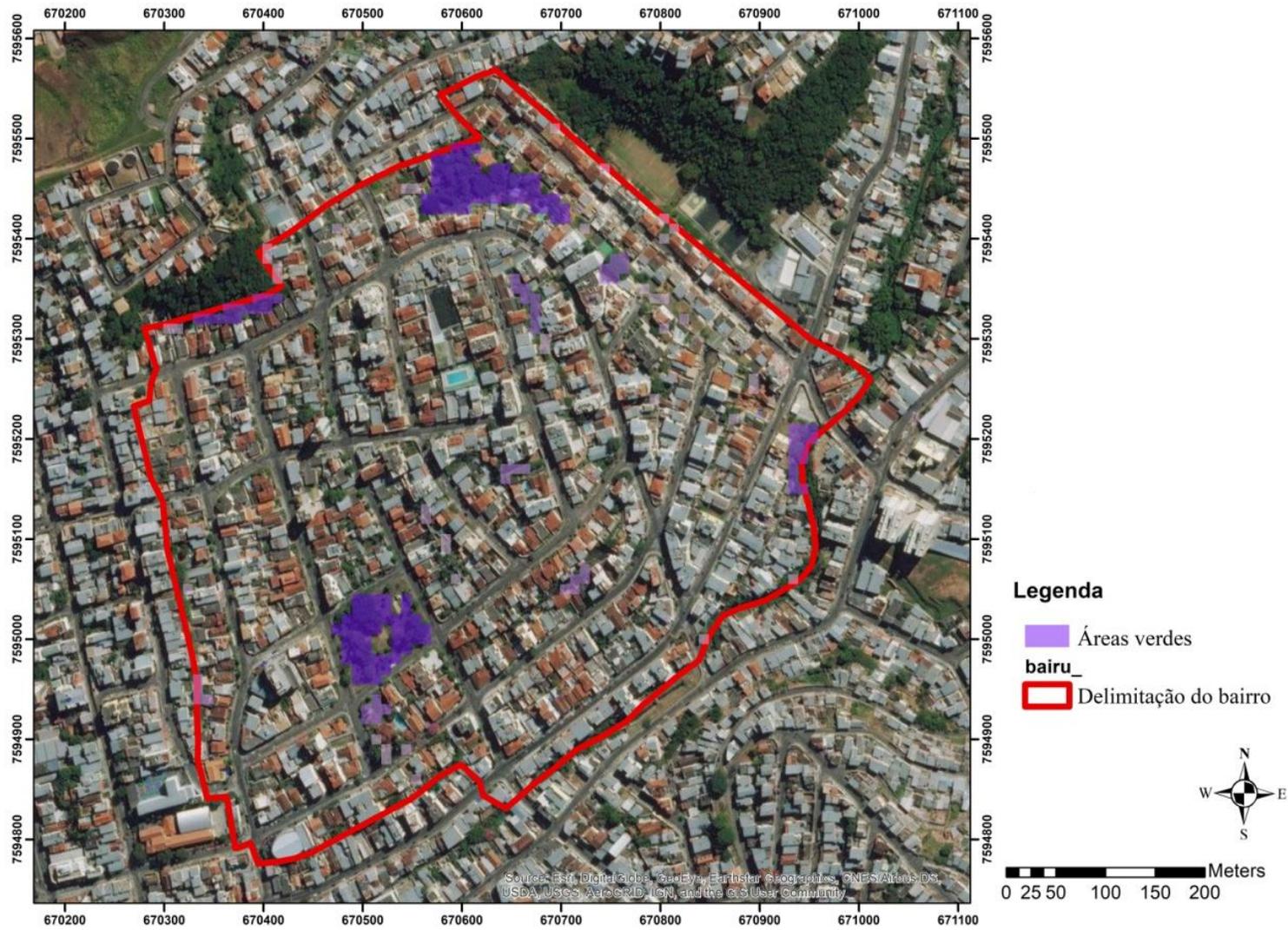
Fig. 59: Nuvem de palavras – Juiz de Fora.



Fonte: A autora.

Assim, acordo com os entrevistados, o resultado do questionário apontou os bairros Bairu e São Pedro como os que mais atendem a boa relação área vegetada e construída (fig. 60, 61, 62 e 63).

Fig. 60: Bairro Bairu – Juiz de Fora.



Fonte: A autora

Fig. 61: Bairro Bairu fotos- Juiz de Fora.

BAIRU



Rua Irmão Martinho



Rua César Turati

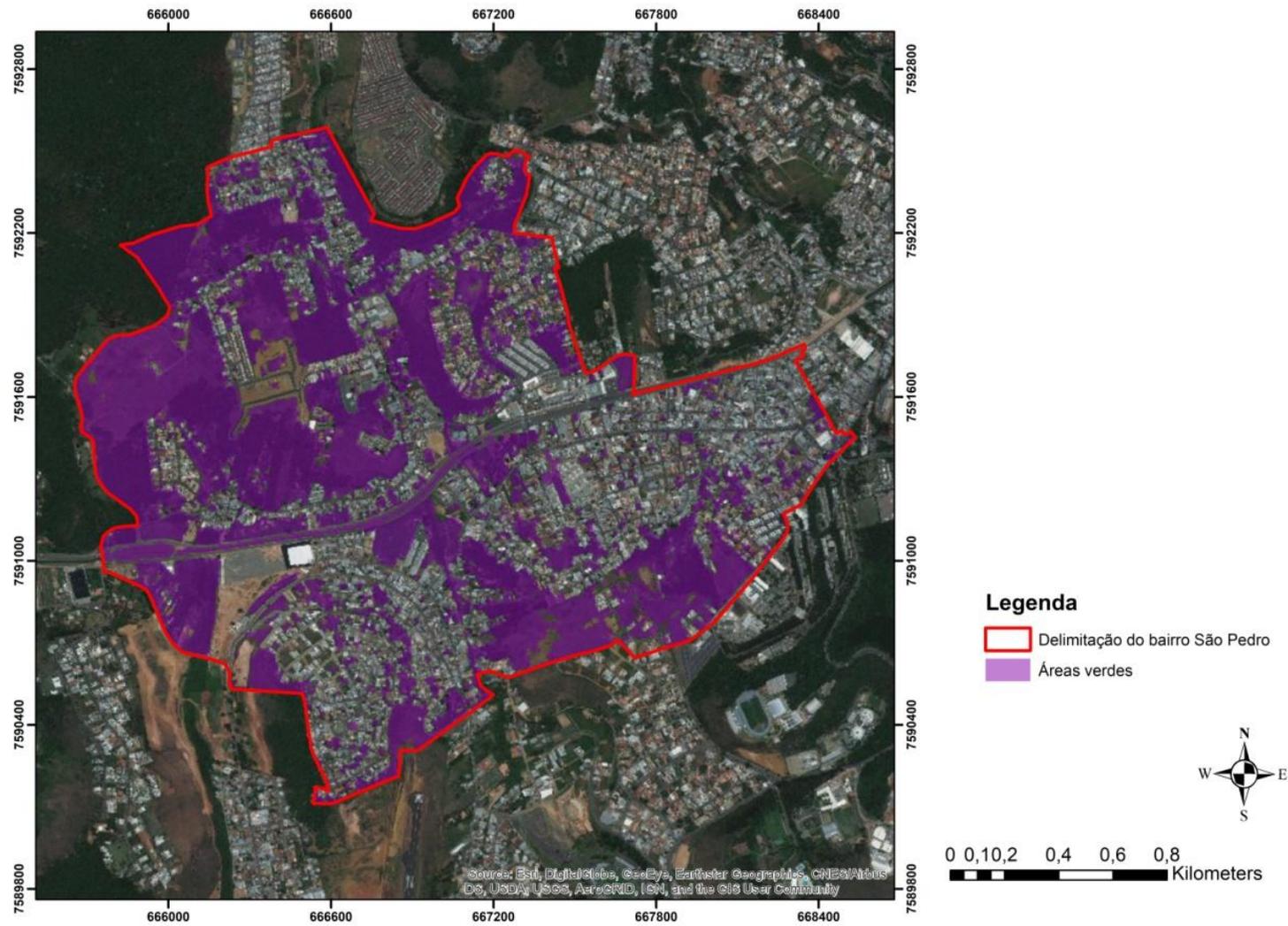


Rua Comendador Pereira da Silva



Fonte: A autora

Fig. 62: Bairro São Pedro – Juiz de Fora.



Fonte: A autora.

Identificados os bairros mais citados na pesquisa, partiu-se para a etapa de cálculo da relação entre o volume vegetado e o volume edificado por quadra em cada um dos locais indicados, para verificar a relação existente. Para o cálculo da área vegetada, também foi utilizado o mapa de cobertura do solo elaborado nas etapas anteriores, e para o volume, estimou-se a altura dos indivíduos arbóreos em 7 metros. O cálculo das áreas das edificações foi estimado a partir das imagens do Google StreetView e o cálculo do volume foi contabilizado por meio da contagem dos gabaritos existentes.

Verificou-se que, no bairro Bairu, a relação é muito baixa em comparação ao menor índice encontrado em Belo Horizonte, já em relação ao bairro São Pedro, o índice ficou dentro da média esperada (fig.64).

Fig. 64: Exemplo de duas quadras com cálculo do índice de relação de volume vegetado por volume construído por quadra em Juiz de Fora.

RELAÇÃO VOLUME VEGETADO POR VOLUME CONSTRUÍDO POR QUADRA



Fonte: A autora.

Uma das hipóteses para a indicação do bairro Bairu deve-se à existência de uma praça emblemática na área central do bairro, que facilita o acesso e a convivência dos

moradores com essa área verde. Quanto ao bairro São Pedro, é uma área que está passando por um franco processo de adensamento urbano, principalmente por condomínios fechados, mas que ainda conta com áreas arborizadas, indicando a necessidade de atenção com essas áreas e para a abertura de áreas verdes livres de acesso ao público em geral.

Dessa forma, pode-se apontar o distrito de Praga 6 como um local de boa prática de relação entre áreas construídas e áreas verdes, uma vez que o seu desenho urbano permite o convívio e a presença de áreas verdes pulverizadas pelo distrito, sendo um bom exemplo de um planejamento urbano que busca inserir as áreas verdes como um elemento de valor. Com relação à Pampulha, é possível perceber pelo mapa que a regional possui uma boa relação entre as áreas verdes e as áreas construídas, apesar de apresentar algumas áreas que precisam de atenção, sinalizando a necessidade de um planejamento que priorize as áreas verdes não só próximas à lagoa, mas na regional como um todo, conscientizando a população do valor e da importância das áreas verdes para promover a qualidade de vida na cidade.

No estudo de caso de Juiz de Fora, o resultado demonstra a necessidade de preservar e promover as áreas verdes de forma homogênea, que facilite o acesso de todos, e que essas não fiquem concentradas apenas em algumas regiões. É necessário promover a conscientização da população quanto ao valor do verde e da arborização urbana, uma vez que os resultados encontrados ficaram bem abaixo do ideal, encontrado em Praga (referência de boa prática) e também na Pampulha, inserida no contexto Brasil e que, da mesma forma, passa por um processo de adensamento urbano, apesar de preservar uma boa qualidade ambiental.

Assim, ao identificar a proporção de área construída por áreas verdes existentes e de posse dos exemplos e resultados gerados pelos estudos de caso, os próximos passos foram os cálculos das métricas de Juiz de Fora, para identificar possíveis áreas para a promoção e preservação das áreas verdes e o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie os demais planos diretores a elaborar estratégias para a cobertura vegetal

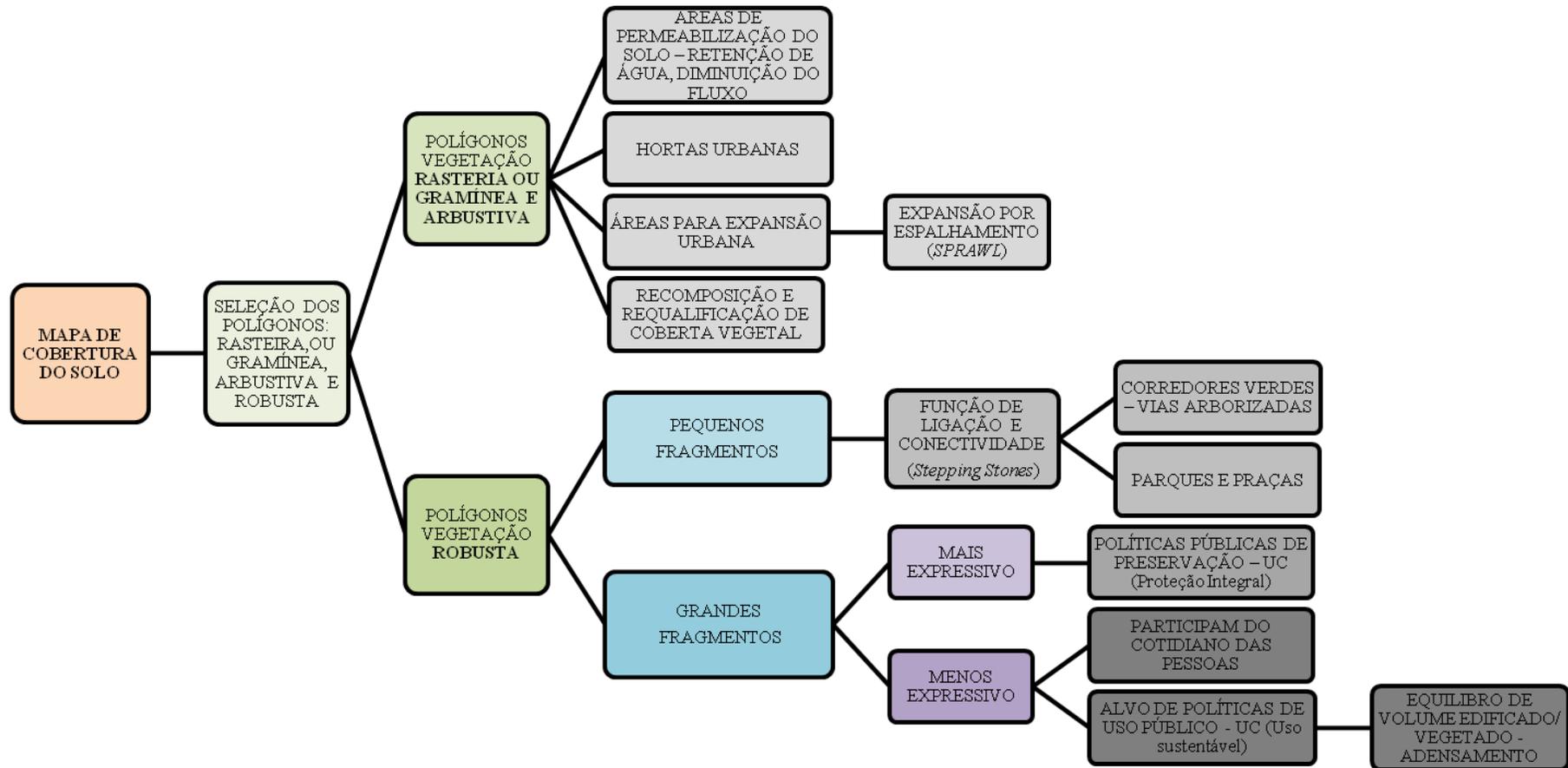
3.4. Seleção dos fragmentos para análise e aplicação das métricas da Ecologia da Paisagem

A metodologia proposta para a análise das métricas partiu do mapa de cobertura do solo, do qual foram destacadas as tipologias de vegetação: rasteira (gramíneas) e

arbustiva e a vegetação expressiva (robusta). A vegetação gramínea e arbustiva conforma áreas importantes no que se refere à permeabilidade do solo, pois favorecem a retenção de água e diminuem o fluxo de drenagem de água pluvial, sobretudo em áreas urbanas muito impermeabilizadas dos centros. Além disso, propiciam áreas adequadas para a instalação de hortas urbanas e servem como áreas para revegetação e recomposição da paisagem, visando a requalificação da cobertura vegetal.

A tipologia de vegetação robusta foi subdividida em duas categorias: A de pequenos fragmentos e de grandes fragmentos. As camadas com os pequenos fragmentos têm a função de ligação e conectividade (*stepping stones*), ou seja, adequadas para corredores verdes – vias arborizadas e parques e praças. A camada de grandes fragmentos é subdividida em duas categorias: menos expressivos, responsáveis pela participação do cotidiano das pessoas; e mais expressivos, alvo de políticas públicas de preservação – unidade de conservação (proteção integral), que tem a função de equilíbrio de volume edificado/ vegetado e controle do adensamento urbano (fig.65).

Fig. 65: Diagrama lógico da metodologia para análise dos fragmentos de paisagem a serem aplicadas as métricas da paisagem.



Fonte: Autora

Para auxiliar na análise das métricas de paisagem foram selecionadas, dentro do universo das diversas métricas existentes, as que tiveram melhor resposta para os estudos da vegetação urbana em relação ao tipo de fragmento trabalhado, quais sejam: área, borda, área central, forma e proximidade. Assim, entre as muitas métricas existentes, a presente tese indica que bastam essas 5 para se trabalhar a questão da indicação de potencialidade de usos, destinações e vocações dos fragmentos. Cabe também separar os estudos nas camadas de vegetação robusta e de vegetação arbustiva ou gramínea, pois as avaliações são diferentes, uma vez que uma é para ser mantida e outra é vista como potencial para recuperação e transformação, quando indicado pela métrica como um fragmento estratégico. Além das métricas de estudos de fragmentos (análise bidimensional associada a condições de posição e geometria), cabe também apresentar métricas relacionadas à condição volumétrica, entendida com o índice volumétrico da proporção entre volume edificado e volume vegetado.

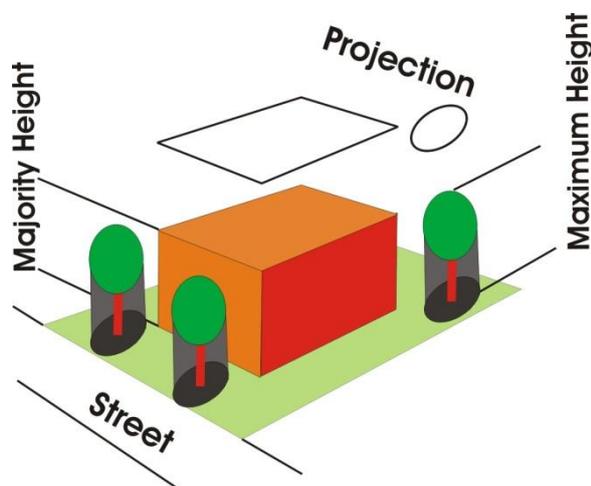
O índice volumétrico deve ser visto como uma proporção ideal, segundo a avaliação cidadã. No caso de estudos de volumes edificados existentes, é preciso comparar com o volume vegetado e verificar a necessidade de promover a manutenção de uma qualidade existente ou de propor o incremento da vegetação. No caso de estudos de volumes autorizados pelo Plano Diretor e que, através do CA (coeficiente de aproveitamento) permitem a ampliação do volume edificado, é preciso definir como condicionante um volume a ser alcançado com a vegetação.

Nos estudos realizados a partir da opinião dos cidadãos o índice volumétrico ideal para Belo Horizonte seria no mínimo de 3% de volume vegetado por volume edificado. Em Juiz de Fora seria possível adotar 2% de volume vegetado por volume edificado, valor menor que Belo Horizonte, mas obtido também pela média dos bairros indicados como positivos, haja visto que a situação de Juiz de Fora é bastante negativa em termos de áreas verdes.

Cabe ainda colocar que é possível transformar esta métrica proporcional por uma métrica unitária, para facilitar a aplicação do parâmetro e a compreensão das pessoas. É mais difícil para um cidadão ou um gestor entender o que é uma proporção volumétrica, que resulta da medição de dois usos (edificado e vegetado) e da comparação entre eles. Nesse sentido, pode-se fazer o seguinte cálculo: obtida a proporção indicada como ótima, calcula-se o que isto significa em m^3 . Tendo o valor em m^3 , calcula-se isto em número de árvores.

O número de árvores é obtido pelo volume médio indicado para uma árvore de 7m de altura e 3m de diâmetro, arredondado para 20m^3 . O volume não é calculado apenas na copa da árvore, mas na influência da árvore e sua sombra sobre o território, conforme defendido por Rocha et al. (2017). Observa-se, na figura 66, que a ação positiva da árvore se prolonga na sombra projetada, de forma que o volume vegetado é o cilindro conformado pela árvore e sua projeção.

Fig. 66: Cálculo do volume edificado e do volume vegetado.



Fonte: Rocha et al (2017).

Assim, como exemplo: Tendo um lote cuja área total edificada foi de 600m^2 , e que o volume resultante foi de 1800m^3 , e considerando o índice ideal de 2% entre volume edificado e volume vegetado, resulta que a vegetação deve apresentar 36m^3 . Considerando que cada unidade responde por um valor médio de 20m^3 , seriam necessárias duas árvores por lote ou em sua área de influência frontal (passeio). Diante do exposto, apresenta-se tabela de orientação, também como elaboração da presente tese (Tabela 3):

Tabela 3: Tabela de Análise de Métricas, Usos, Vocações, Destinações e Volumetria.

ÁREA				
MÉTRICA	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
ÁREA (Área da classe em m ²)	Polígonos de vegetação gramínea, arbustiva e robusta (todos os fragmentos de vegetação)	Identificar potencialidades das menores manchas para identificar conectividades ou possibilidade de recuperação para favorecimentos das grandes manchas	<i>Stepping Stones</i> , corredores ecológicos, vias arborizadas, hortas urbanas, proteção ciliar de rios e proteção das áreas de contenção de risco	Encorajar a prática de exercícios e estilo de vida saudável ao ar livre, criar lugares para descanso e introspecção, conectando pessoas à natureza, oportunidades para rotas alternativas de transporte, recuperação e proteção da fauna e flora, aumentando a biodiversidade e restituindo a característica da paisagem natural
	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Identificar a concentração das grandes manchas de vegetação robusta	Unidades de conservação ou definição de áreas de restrição a ocupação ou a expansão urbana	

BORDA				
MÉTRICA	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
ED DENSIDADE DE BORDA (Relação perímetro /área - quantidade de extremidades relativas à área da paisagem)	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Fragilidade da mancha quanto sua expansão ou diminuição das margens	Verificar a proteção UC Planejamento das áreas de expansão	Preservar a ligação com a herança cultural e natural, promovendo a proteção desses lugares
	Polígonos de vegetação gramínea, arbustiva	Muita borda- maior zona de contato entre uso antrópico e uso ambiental, favorecendo o equilíbrio na qualidade do lugar	Lazer, embelezamento, microclima e convivência	

FORMA				
MÉTRICAS	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
DIMENSÃO FRACTAL (varia entre 1 (formas simples) a 2 (formas mais complexas – verifica-se a compacidade da forma))	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Identificar áreas de vulnerabilidade	Proteção UC Planejamento das áreas de expansão	Encorajar a criação de áreas ao ar livre, criar lugares para conectar pessoas à natureza,
DIMENSÃO FRACTAL MÉDIA DA MANCHA PONDERADO PELA ÁREA (WMPFD) (Varia ente valores de 1 (formas simples) a 2 (forma mais complexas) sendo a média de todas as manchas independente do tamanho da mancha - verifica a compacidade da forma)	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Identificar áreas de vulnerabilidade	Proteção UC Planejamento das áreas de expansão	oportunidades para rotas alternativas de transporte, recuperação e proteção da fauna e flora, aumentando a biodiversidade e restituindo a característica da paisagem natural, além de atuar no manejo de águas pluviais e mitigação das inundações

ÁREA CENTRAL				
MÉTRICA	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
ÁREA CORE (Mensura a porção interna do fragmento considerada mais protegida, isenta da influência dos fatores externos, separada da borda por uma distância pré-definida (buffer))	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Identificar áreas de robustez e vulnerabilidade	Proteção UC	Preservação da natureza, recuperação e proteção da fauna e flora, aumentando a biodiversidade e restituindo a característica da paisagem natural de acesso restrito, buscando proteger e recuperar as fontes de água

PROXIMIDADE				
MÉTRICA	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
DISTÂNCIA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO - (Média das distâncias)	Polígonos de vegetação robusta - Grandes fragmentos para verificar se destinam aos mais ou aos menos expressivos	Conectividade - robusto e integrado Não conectividade - ilha isolada - fator de fragilidade	Conectividade - manutenção das UC Não conectividade - Políticas de recuperação de novas coberturas vegetais em sua área de influência	Encorajar a criação de áreas ao ar livre, criar lugares para conectar pessoas à natureza, oportunidade para rotas alternativas de transporte, recuperação

entre o vizinho mais próximo)	Polígonos de vegetação robusta - Pequenos Fragmentos	<p>Conectividade – responsável pelo <i>stepping stones</i></p> <p>Não conectividade – alto risco de desaparecimento e se encontra em área de grande fragilidade de cobertura vegetal</p>	<p>Conectividade – manutenção pois funcionam como <i>stepping stones</i> e corredores ecológicos</p> <p>Não conectividade- política de inserção de cobertura vegetal na forma de um parâmetro urbanístico</p>	e proteção da fauna e flora, aumentando a biodiversidade e restituindo a característica da paisagem natural além de atuar no manejo de águas pluviais e mitigação das inundações, buscando proteger as terras cultiváveis como negócio e lugar
-------------------------------	--	--	---	--

ÍNDICE VOLUMÉTRICO				
MÉTRICA	TIPO DE FRAGMENTOS DA VEGETAÇÃO	USOS	VOCAÇÕES	DESTINAÇÕES
Proporção entre volume vegetado esperado e volume edificado autorizado, por lote. Não há um valor único para todas as cidades, mas deve ser decidido por participação cidadã em função das expectativas e valores locais. As proporções devem considerar a unidade arbórea como 20m ³ , de modo a facilitar a aplicação da métrica em unidades (indivíduo arbóreo) e não apenas em volume vegetado	Vegetação robusta a ser mantida no cálculo, vegetação gramínea e arbustiva para indicação de incremento de volumes nos casos de necessidade de ampliação do volume vegetado	Massa vegetada	Garantia do equilíbrio com a massa edificada	Garantia do equilíbrio com a massa edificada

Fonte: A autora.

Essa tabela se destaca como uma das contribuições da presente tese, pois favorece que outros usuários, em seus estudos, identifiquem as condições dos fragmentos existentes, indiquem seus usos, vocações, destinações e volumetrias. A tabela será muito útil para a proposição de parâmetros relacionados às áreas verdes para planos diretores, mas serve também como base para planos de arborização urbana e para planos de recuperação ou incremento da vegetação nas cidades.

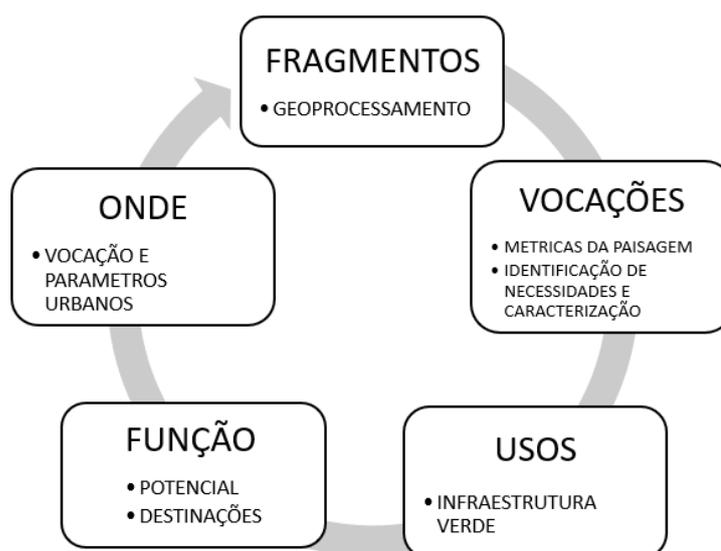
CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Buscando realizar estudos que dessem suporte aos Planos Diretores para a promoção da qualidade ambiental urbana relacionada a condições de cobertura vegetal, foram aplicados os conceitos da Ecologia da Paisagem e os estudos da Infraestrutura Verde, visando identificar os melhores fragmentos vegetados e as suas classificações segundo suas possíveis vocações. A Ecologia da Paisagem contribuiu para os cálculos das métricas da paisagem, segundo características morfológicas e posicionamento dos fragmentos vegetados no conjunto, por meio de modelos de análise espacial, permitindo a investigação de forma ampla, abrangente e sistemática das áreas verdes urbanas. A Infraestrutura Verde auxiliou no entendimento da rede ecológica urbana envolvida na formação da cidade e na identificação de usos e funções dos ecossistemas naturais, visando a formação de uma estrutura ecológica que fosse sustentável nas cidades, segundo aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Para a elaboração do estudo, foram utilizados aplicativos e modelos de geoprocessamento, por meio de dados de sensoriamento remoto, seguidos de processamento digital de imagens, que favoreceram identificar os fragmentos de áreas verdes urbanas existentes, caracterizados, posteriormente, para se indicar as potencialidades e restrições no solo urbano (onde, por que e por que não) (fig.67).

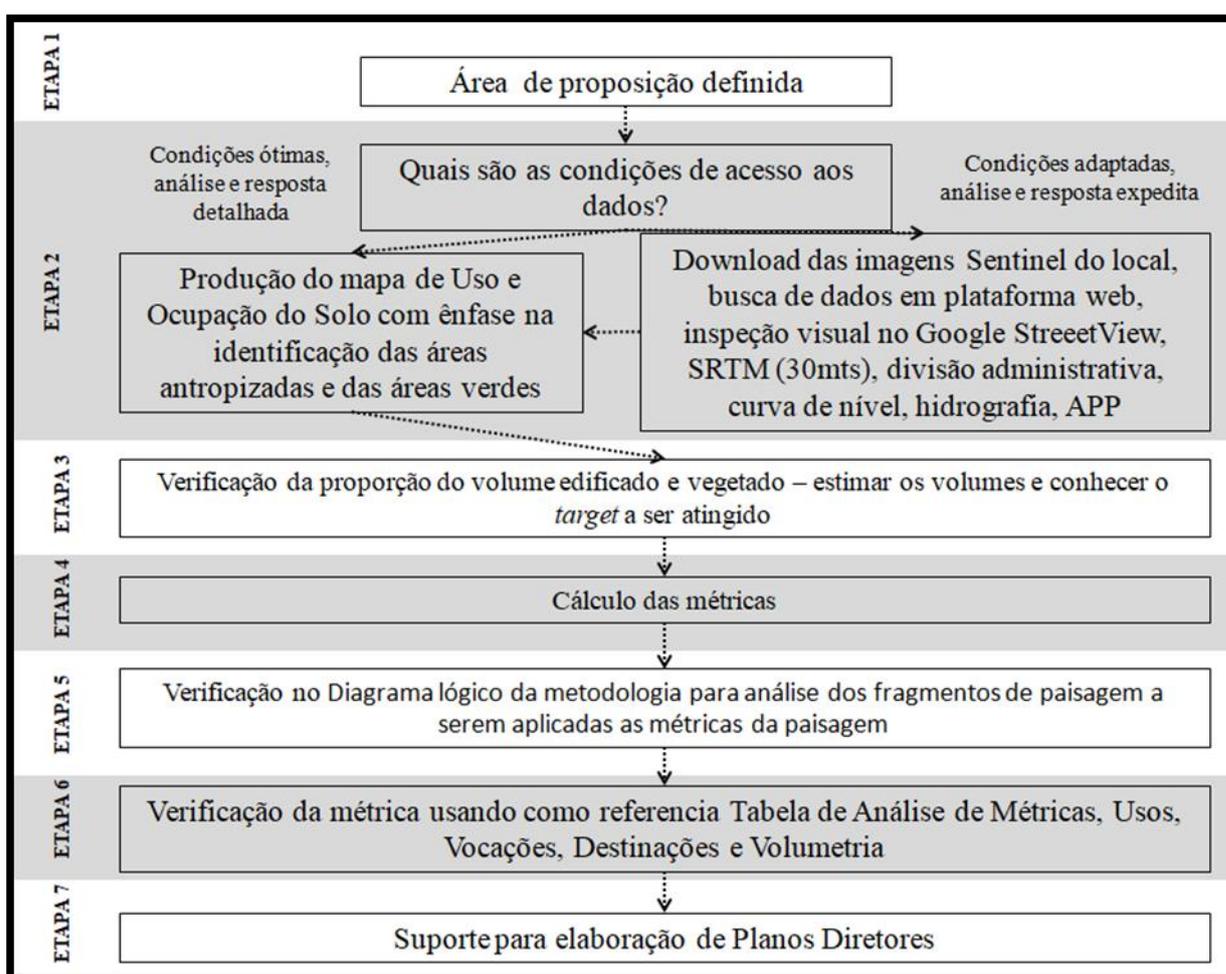
Fig. 67: Diagrama de identificação dos fragmentos quanto ao uso e função.



Fonte: A Autora.

O Roteiro Metodológico de Diagnóstico e Proposições para os Usos, Vocações e Destinações das Áreas Verdes Urbanas desenvolvido no capítulo anterior, na forma de arcabouço metodológico para dar suporte às elaborações de Planos Diretores nas diferentes realidades brasileiras, é considerado o primeiro produto da tese, de forma a contribuir por meio de uma proposição metodológica de caráter defensável e reproduzível, que pode ser empregado, consideradas as diferenças de clima, cultura e formação urbana. O produto desse roteiro é a elaboração de dados e mapas que permitem a identificação e análise dos resultados das métricas encontradas (fig.68).

Fig. 68: Roteiro Metodológico para suporte ao Plano Diretor.



Fonte: Autora.

Nesse sentido, os estudos de caso da Pampulha e de Praga serviram de etapas evolutivas na elaboração do método para se chegar, então, ao estudo de caso de Juiz de Fora, este último caracterizado com a mais baixa condição de acesso livre aos dados e mais baixa qualidade de cobertura vegetal existente. O estudo de caso da Pampulha

possibilitou o conhecimento sobre como proceder no gerenciamento de dados existentes, quando há uma situação bastante favorável de infraestrutura de dados, e o estudo de caso de Praga demonstrou, por meio do exemplo de boas práticas, como tratar as áreas verdes para que essas sejam inseridas de forma harmônica no contexto da cidade.

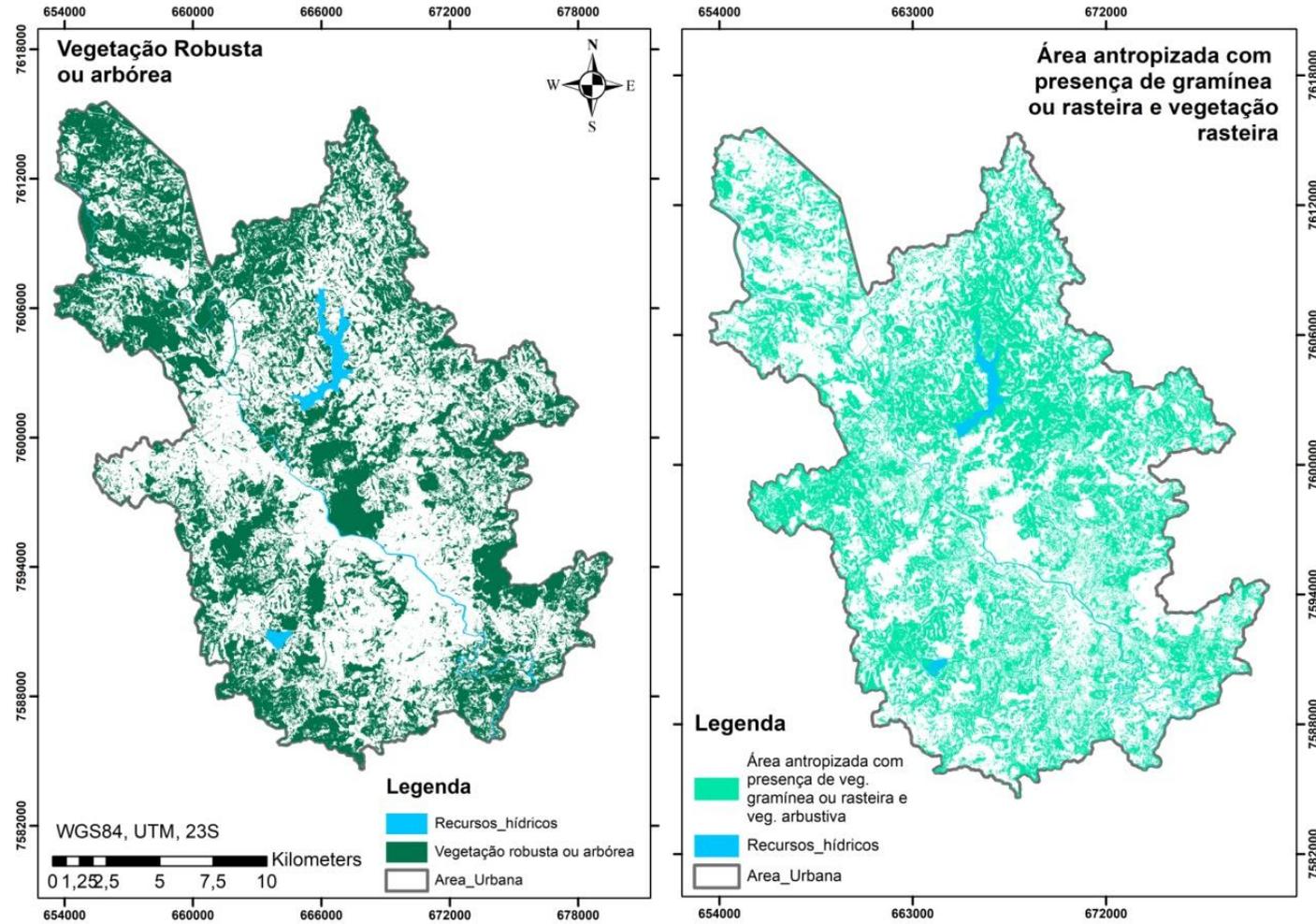
4.1 Resultados e análise dos mapas de métricas

Após a elaboração do Mapa de Cobertura do Solo de Juiz de Fora, foram selecionados e separados dos polígonos de área antropizada densa, os polígonos de vegetação existentes (vegetação rasteira ou gramínea, vegetação arbustiva e vegetação arbórea ou robusta) (fig.69).

Posteriormente, os polígonos de vegetação rasteira ou gramínea e arbustiva foram agrupados em um único polígono (fig.70), de acordo com o diagrama lógico da metodologia para análise das métricas (fig. 65), uma vez que essas áreas se mostraram estratégicas para proporcionar a permeabilidade do solo, implantação de hortas urbanas, áreas de recomposição e requalificação da cobertura vegetal, além de servirem como áreas para expansão urbana.

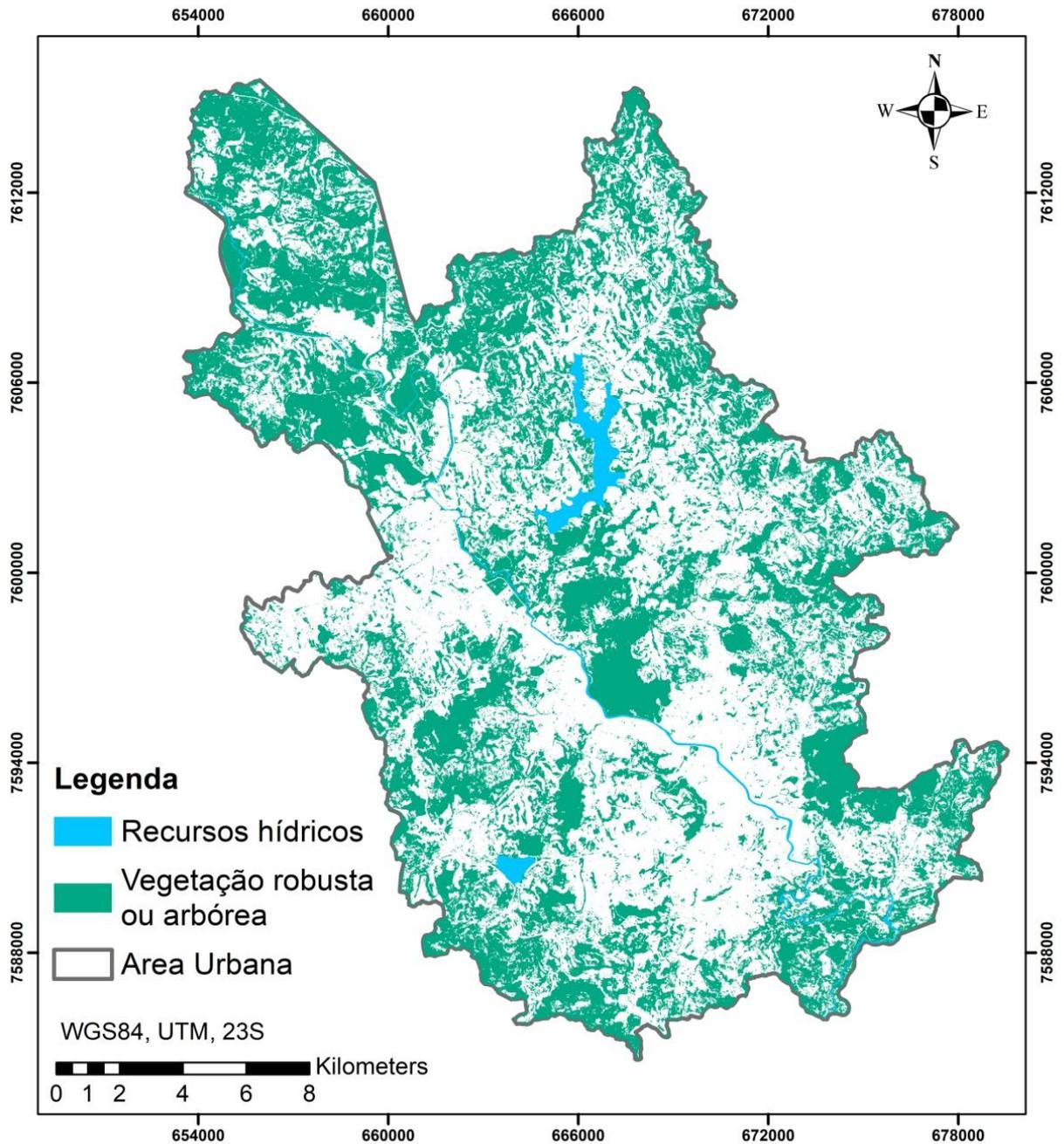
Já os polígonos de vegetação robusta foram trabalhados separadamente, em duas porções: pequenos e grandes fragmentos. Os pequenos fragmentos apresentaram fundamental importância para a função de ligação e conectividade (*stepping stones*), através de elementos urbanos como corredores verdes e vias arborizadas. Já os grandes fragmentos, classificados em mais expressivos, destinados às políticas públicas de preservação, como unidades de conservação com proteção integral (com acesso restrito ao público), e menos expressivos, destinados às unidades de conservação de uso sustentável e participação do cotidiano das pessoas (com acesso ao público).

Fig. 69: Separação dos fragmentos de vegetação que gerou o Mapa de vegetação robusta ou arbórea e o Mapa de vegetação gramínea ou rasteira e arbustiva.



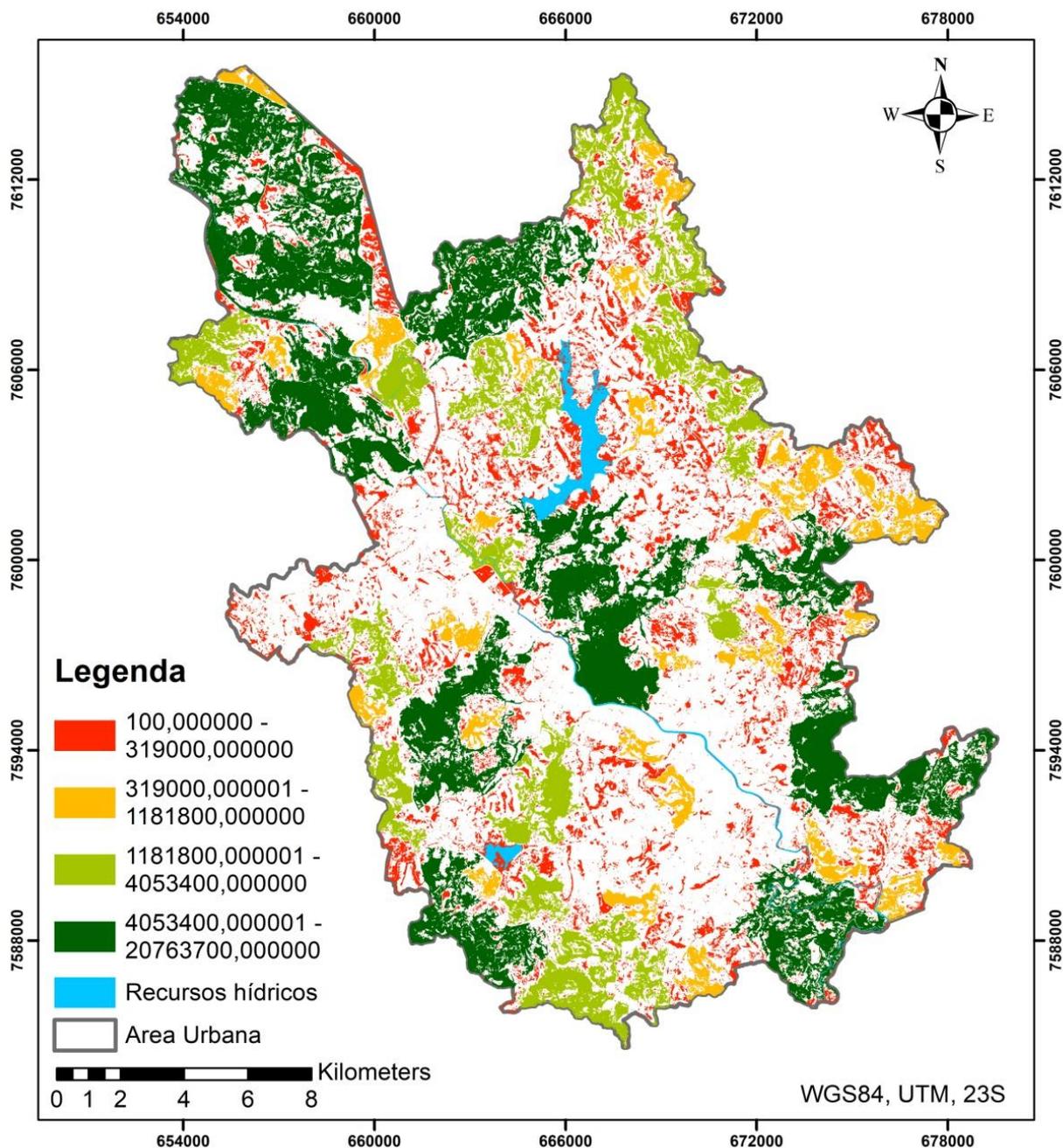
Fonte: Autora.

Fig. 70: Mapa de vegetação robusta .



Fonte: Autora.

Seguindo a lógica descrita, foi elaborado o mapa que identifica os fragmentos de vegetação robusta ou arbórea existentes (fig.70), no qual é possível observar uma boa distribuição de áreas verdes nas bordas do mapa, enquanto na área central, onde está localizada a área antropizada densa, é possível notar que as áreas verdes são mais escassas e pouco distribuídas.

Fig. 71: Mapa da Áreas de fragmentos em m².

Fonte: Autora

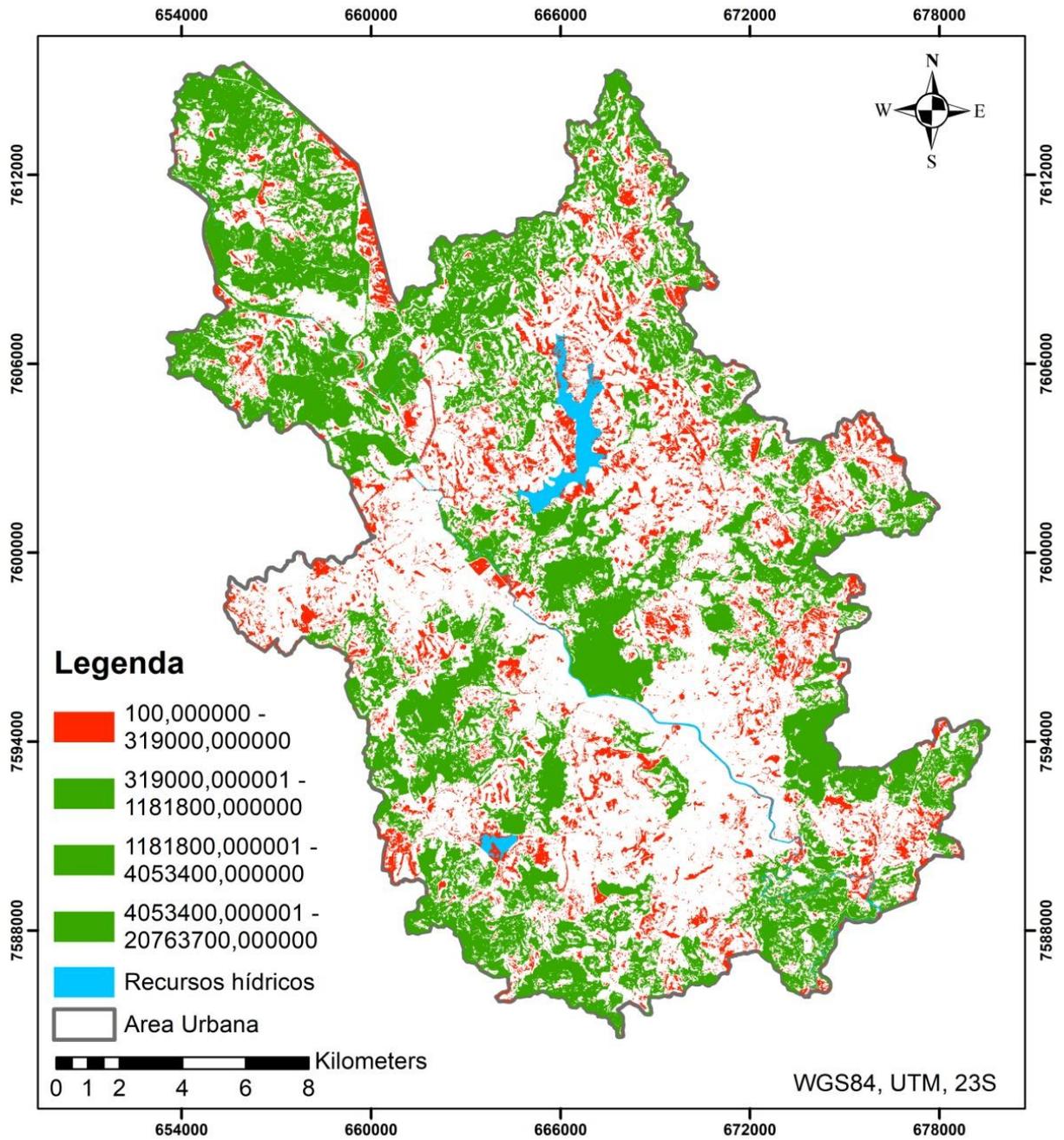
De posse do “Mapa de Vegetação Robusta”, foram aplicados os primeiros estudos das métricas, sendo o primeiro o “Mapa das Áreas”, para avaliar os fragmentos com áreas mais expressivas e os fragmentos com áreas menos expressivas (fig. 71), no qual é possível observar a grande pulverização de pequenos fragmentos (em na cor vermelha) concentrados e próximos às áreas mais antropizadas.

Optou-se por agrupar os fragmentos menos expressivos em vermelho e os demais fragmentos na classe dos fragmentos mais expressivos (fig.72). A identificação dos fragmentos menos expressivos foi importante para destinar essas áreas à proteção, de forma a permitir o acesso ao público, gerando o equilíbrio entre as áreas vegetadas e construídas. Para que isso aconteça, é necessário que a atenção do poder público esteja voltada para a viabilização dessas áreas para convivência e lazer público e privado, buscando encorajar as práticas de exercício ao ar livre, conectando pessoas à natureza, além da possibilidade desses espaços serem destinados à recuperação e proteção da fauna e flora, visando restituir as características da paisagem natural.

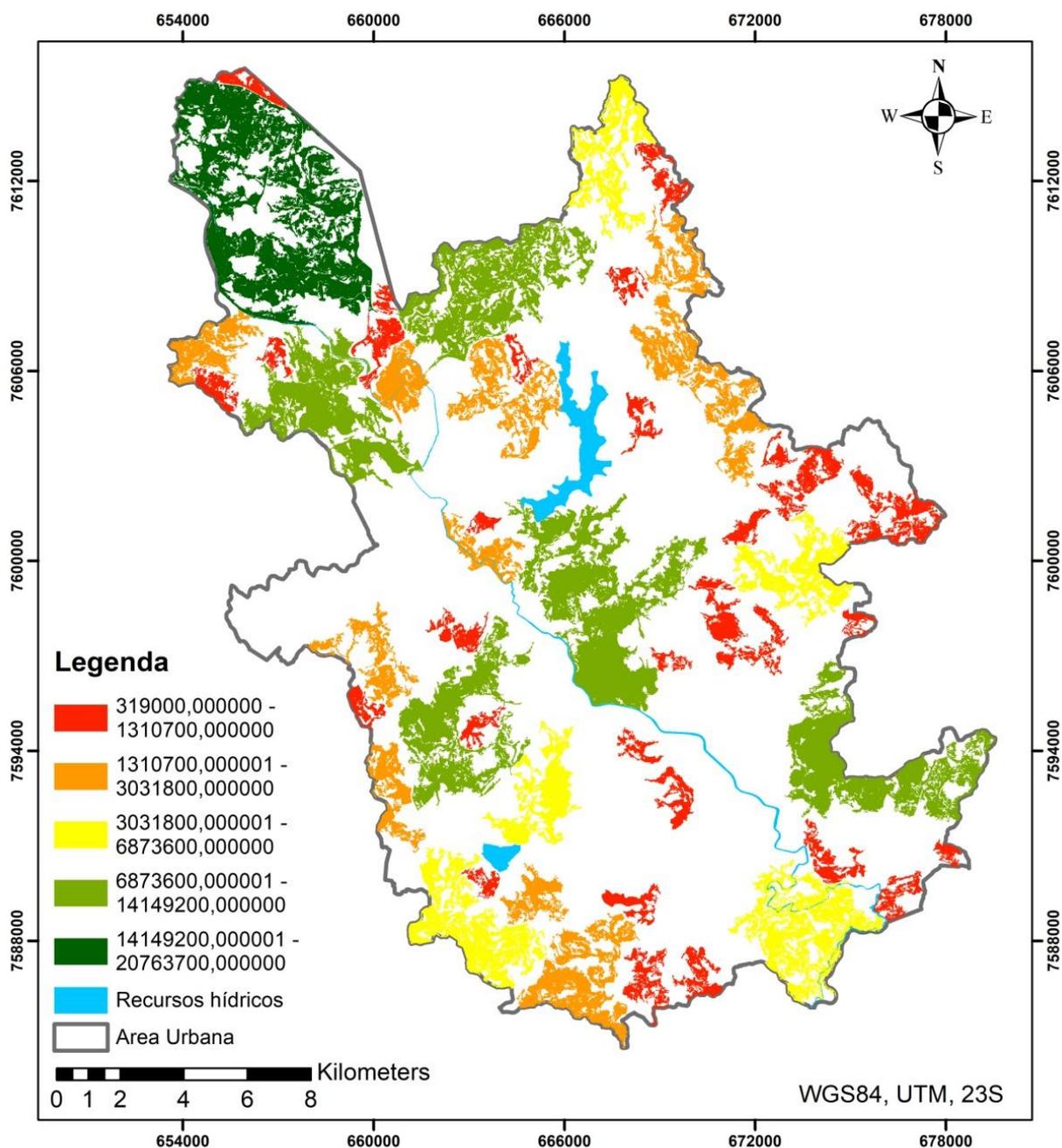
O passo seguinte foi analisar fragmentos mais expressivos (fig. 73). Nota-se que as manchas com maiores áreas (em verde-escuro) estão localizadas na região norte da cidade, que tem um grande potencial de crescimento urbano e está próxima às margens da BR-040, principal eixo de ligação entre Rio de Janeiro e Belo Horizonte.

Cabe destacar que a região urbana central da cidade, que possui basicamente duas grandes manchas de vegetação robusta na cor vermelha, embora conte com a presença de vegetação, está classificada entre as menores áreas de vegetação robusta presentes no município e, conseqüentemente, representa o menor contato das pessoas com áreas verdes urbanas, além de não contar com os benefícios que as áreas verdes poderiam proporcionar quanto a amenização do clima e retenção de água.

O mapa que analisa a métrica da Dimensão Fractal Média da Mancha Ponderado pela Área (fig. 74) é o indicador que expressa a complexidade da forma da mancha, com valores que variam entre 1, para indicar perímetros simples, e valores próximos de 2, para indicar perímetros complexos. Essa métrica é interessante, pois independente do tamanho do fragmento, indica o quanto ele pode estar vulnerável do ponto de vista de proteção e preservação das áreas verdes, devido a maior presença de bordas em contato direto com outros usos e de mais fácil transformação em outros interesses.

Fig. 72: Mapa das áreas de fragmentos agrupados em grandes e pequenas áreas em m².

Fonte: Autora

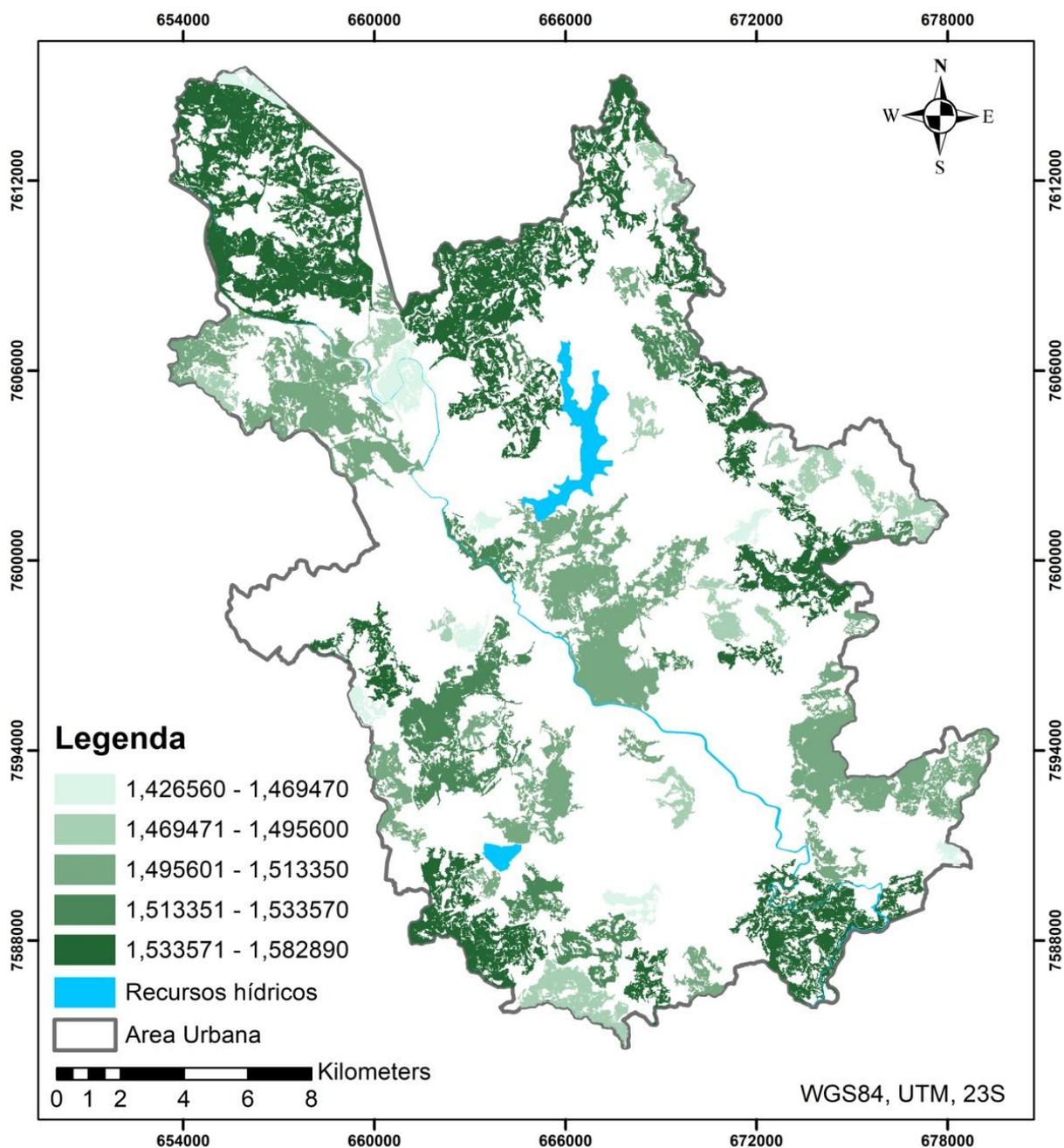
Fig. 73: Mapa de áreas dos grandes fragmentos em m².

Fonte: Autora

Nota-se que as formas mais simples no Mapa Da Dimensão Fractal Média Da Mancha Ponderado Pela Área estão distantes do valor 1, pois até mesmo as manchas “mais simples” no estudo de caso possuem certa complexidade, indicando a necessidade de atenção quanto à sua vulnerabilidade. Elas coincidem também com as manchas de menor área. Esse mapa reforça e confirma estudos já existentes, que demonstram o baixo índice de áreas verdes urbanas em Juiz de Fora (COSTA et al., 2011;

MONTEIRO, 2013; DORNELLAS et al., 2013; ARAUJO et. al, 2014; BARROS, 2015; ABRANCHES, 2016; ARAUJO et. al, 2016).

Fig. 74: Mapa Da Dimensão Fractal Média Da Mancha Ponderado Pela Área.



Fonte: Autora

Quando observamos os fragmentos representados pela cor verde-escuro é possível notar que esses já sofreram ou sofrem significativas modificações de suas formas, indicando uma perda de massa de área verde urbana. A área central da cidade (

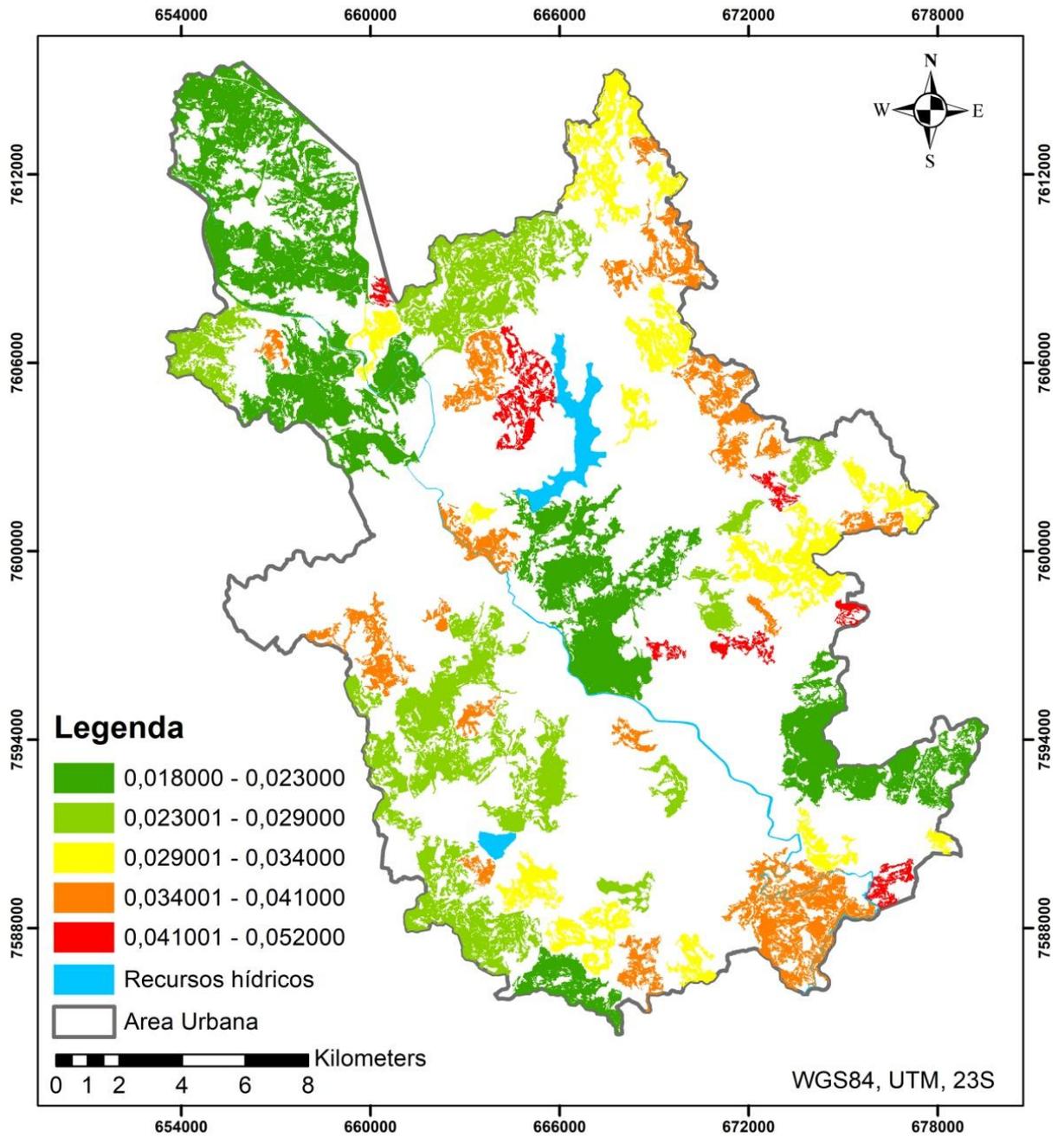
porção sul do mapa na área mais clara) apresenta duas áreas significativas, mas com formas tendentes à complexidade.

O índice da relação média entre área-perímetro (Paratio), que gerou o “Mapa Relação Média entre Área-Perímetro” (fig. 75), realiza a medição da relação perímetro por área de fragmento, dividida pelo número total de fragmentos existentes. Ele analisa a complexidade da forma, uma vez que quanto menor o valor, melhor a relação média entre a relação perímetro/área. Assim, as áreas em verde-escuro são os fragmentos com melhor relação de forma, caracterizadas como as mais compactas e com menos interação com o ambiente que as cercam. Em geral, essa condição é a melhor para a proteção da fauna nativa, apesar de que, do ponto de vista da biodiversidade, as espécies não interagem tanto com os outros fragmentos e, conseqüentemente, com outros animais da mesma espécie, indicando a necessidade também de corredores ecológicos que permitam as trocas gênicas entre espécies (função exercida pelos pequenos fragmentos). Essa métrica é ideal para a indicação das áreas de preservação e unidades de conservação.

O Mapa Densidade de Borda mede a relação entre perímetro e área. Nele observa-se que os valores mais baixos indicam as formas mais frágeis (em rosa-clara) e os valores maiores representam as manchas mais expressivas (na cor rosa-escura). As manchas mais fragilizadas estão próximas à área central urbana de Juiz de Fora e nas ocupações mais consolidadas da cidade.

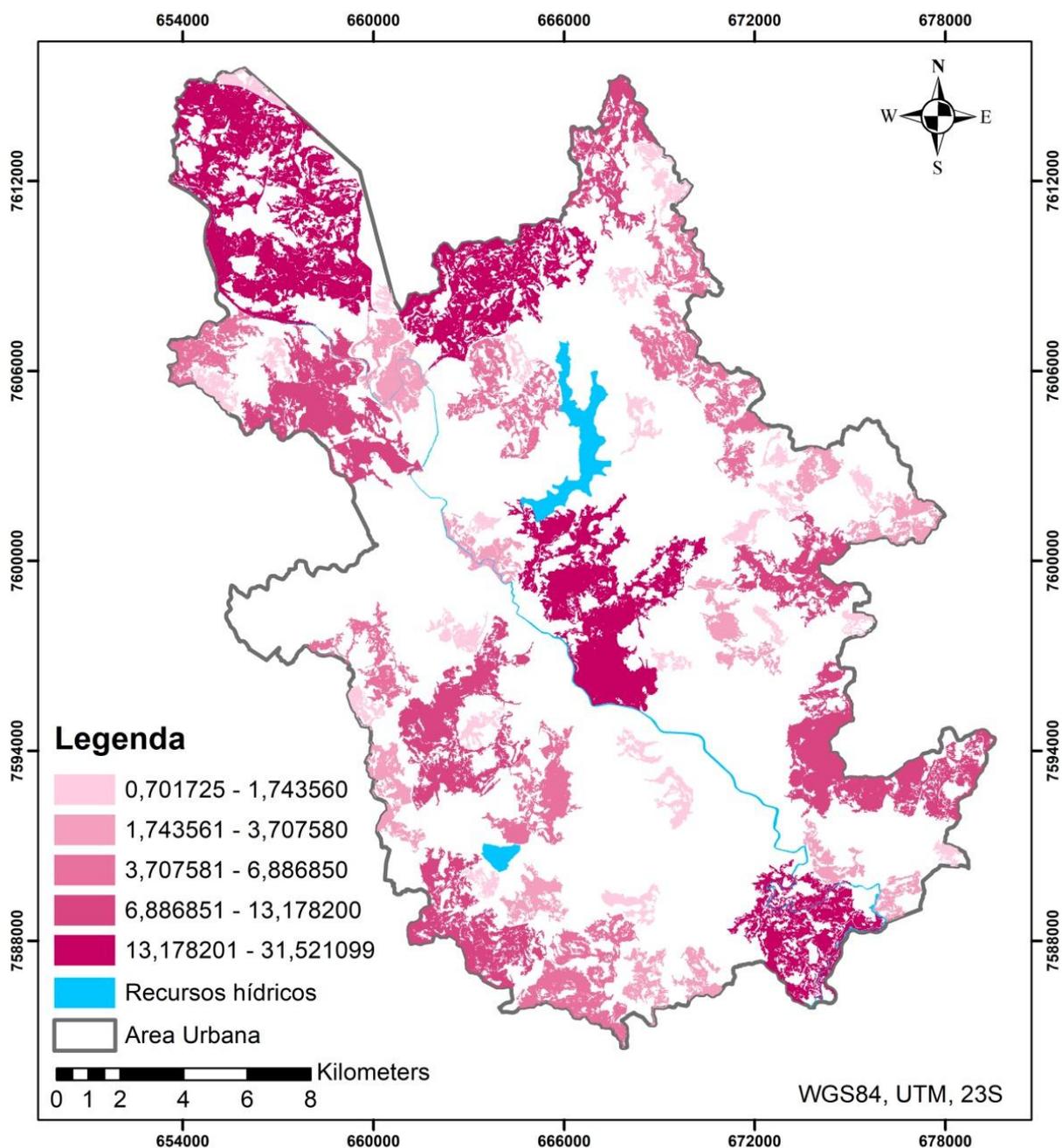
As manchas em rosa-escuro, próximas à área central da cidade (área mais antropizada), são aquelas que já contam com proteção por lei. Os demais fragmentos em rosa-escuro estão localizados longe da área central da cidade (fig. 76). Esse resultado demonstra a importância de promover e recuperar áreas que podem servir à vegetação urbana e que favoreçam a convivência das pessoas com o verde.

Fig. 75: Mapa da Relação Média entre Área-Perímetro.



Fonte: Autora

Fig. 76: Mapa de Densidade de Borda.

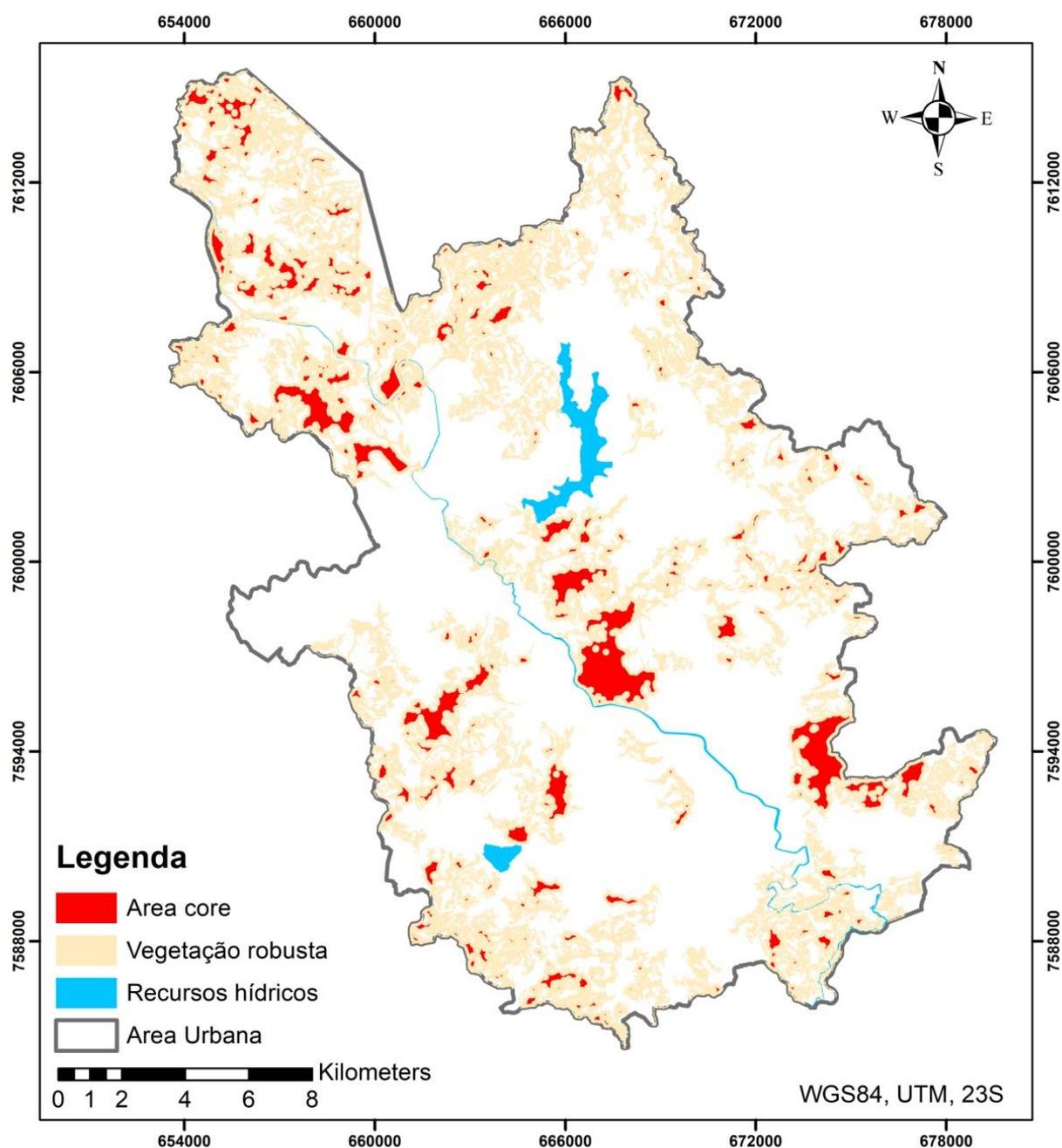


Fonte: Autora

O Mapa Área Núcleo mede a porção interna do fragmento, identificando se o núcleo de um fragmento está mais ou menos fragilizado pelas bordas, isto é, se o fragmento está protegido da influência de fatores externos. O núcleo é analisado a partir de uma distância pré-definida da borda, que neste caso foi escolhido como um buffer de 100 m, justificado pela distância média de uma quadra (fig. 77), mas cabe ressaltar que o pesquisador pode usar outra referência de sua preferência. O Mapa Área Núcleo (Fig.

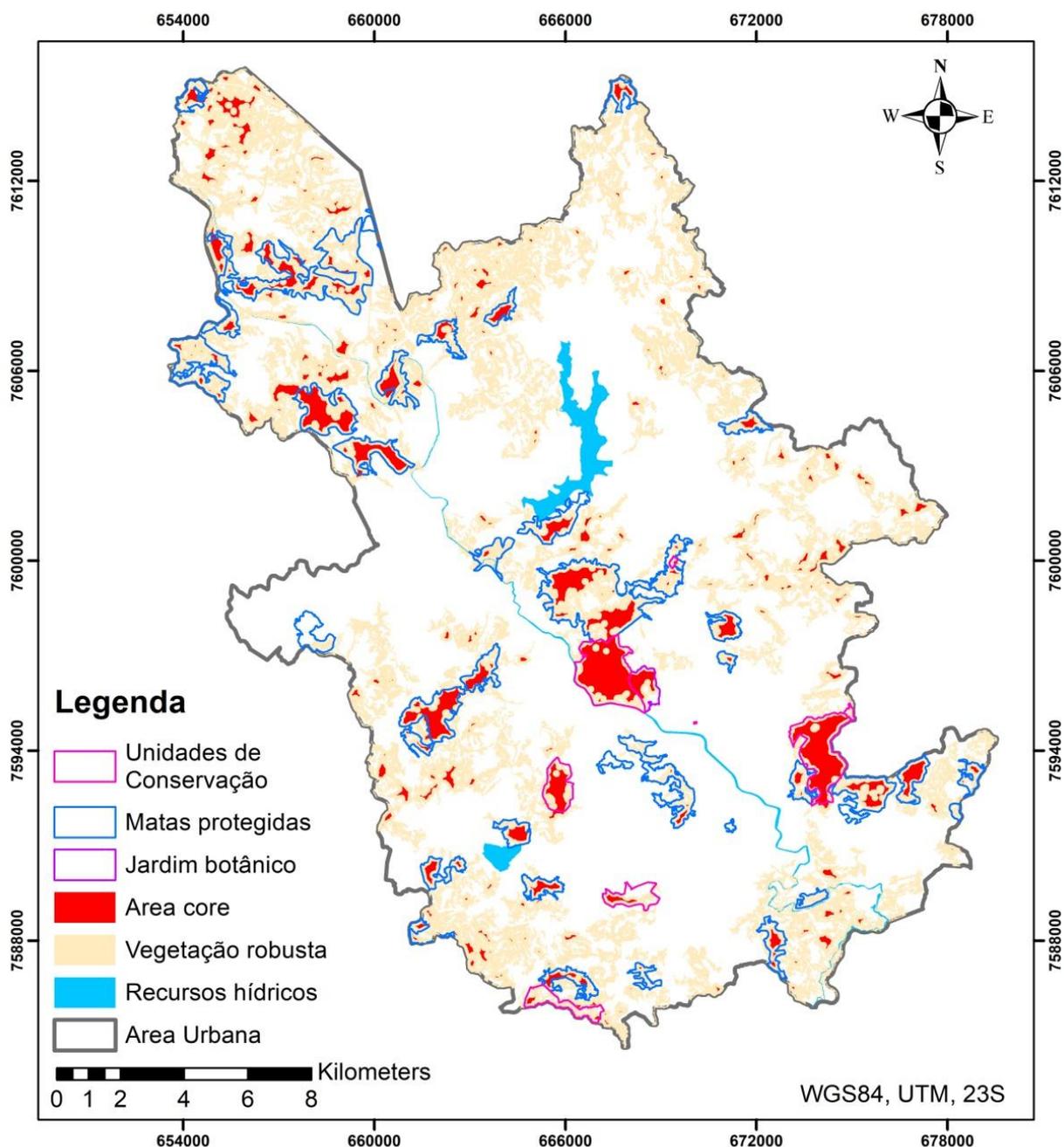
78) é apresentado juntamente com as informações sobre mata urbana, unidade de conservação e jardim botânico, demonstrando que os maiores núcleos existentes na cidade são áreas verdes que já contam com alguma proteção por lei. Entretanto, essas áreas também precisam de atenção, pois é notório que seus núcleos não estão protegidos integralmente, necessitando de políticas públicas de recuperação e manutenção que preservem o seu fragmento original.

Fig. 77: Mapa Área Núcleo.



Fonte: Autora

Fig. 78: Mapa Área Núcleo com a indicação das áreas já protegidas por lei.

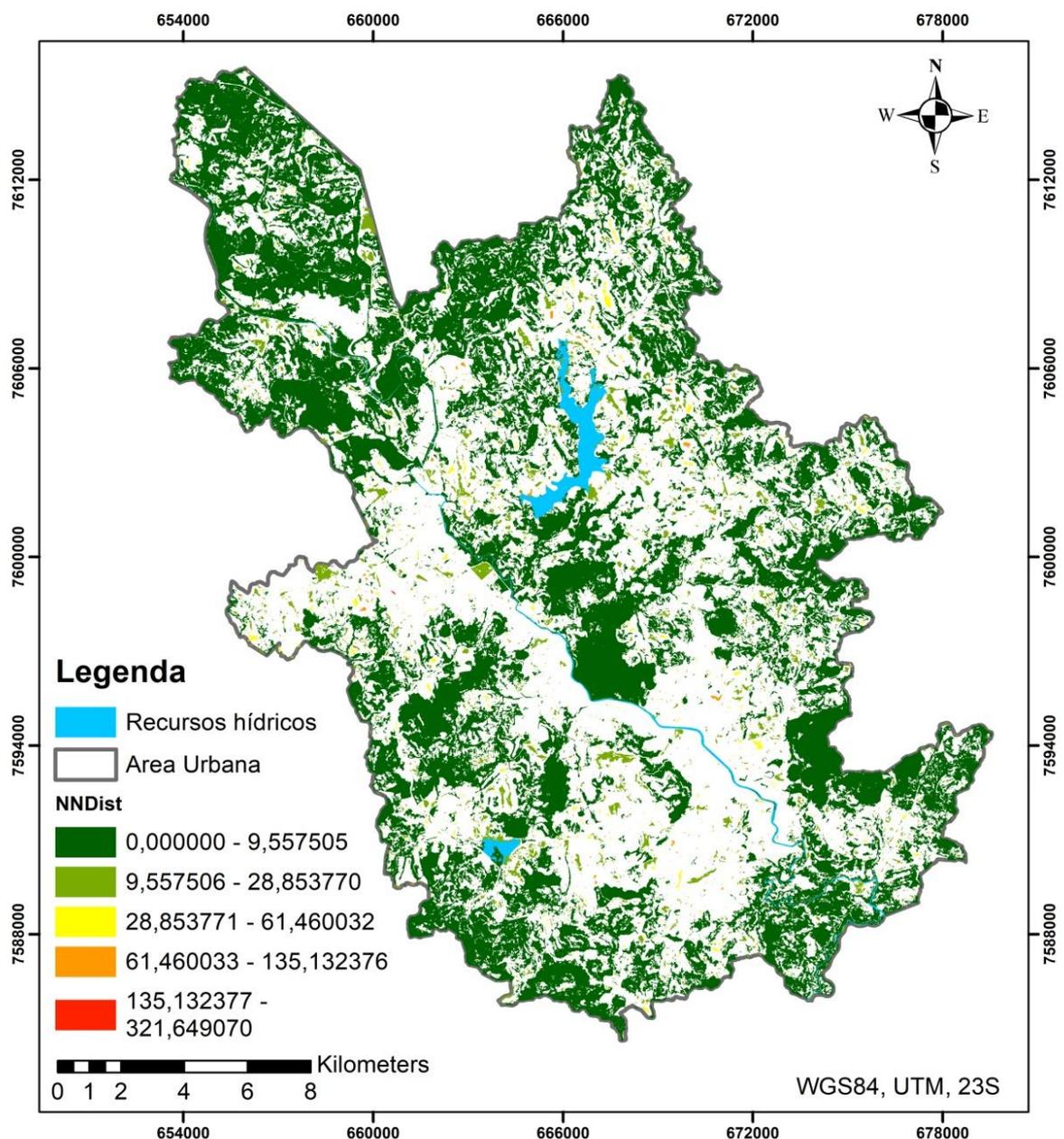


Fonte: Autora

O Mapa de Proximidade, que mede a distância média da classe vizinha mais próxima (fig. 79), é o ideal para avaliar o grau de isolamento de um fragmento dos demais, isto é, se há conectividade entre eles. No mapa, é possível observar que boa parte dos fragmentos de vegetação urbana de Juiz de Fora estão próximos entre si (representados em verde-escuro), principalmente na borda da área central da cidade,

mas é possível também identificar alguns fragmentos isolados (na cor vermelha) na área central do mapa, além dos grandes vazios de vegetação robusta, demonstrando a necessidade de criação de novos fragmentos de vegetação para conectá-los, propiciando a melhora da qualidade da ambiência urbana no município. Essa métrica é ideal para se avaliar e propor corredores ecológicos e arborização de vias que propiciem o contato visual das pessoas com o verde. Para tanto, indicam-se revisões nas leis de uso e ocupação do solo que viabilizem a criação e manutenção das áreas verdes urbanas nas construções existentes e em novos empreendimentos.

Fig. 79: Mapa de Proximidade.



Fonte: Autora

É possível observar, por meio do estudo de caso de Juiz de Fora, a necessidade de pensar nas áreas verdes urbanas como um elemento relevante para a cidade, que não deve ser visto como uma área de atrito com as áreas construídas, ou ainda como áreas menos relevantes para o desenvolvimento urbano. Pelo contrário, quando há uma boa relação entre o ambiente vegetado e o construído, a paisagem urbana é valorizada, fomentando a identificação das pessoas com o lugar.

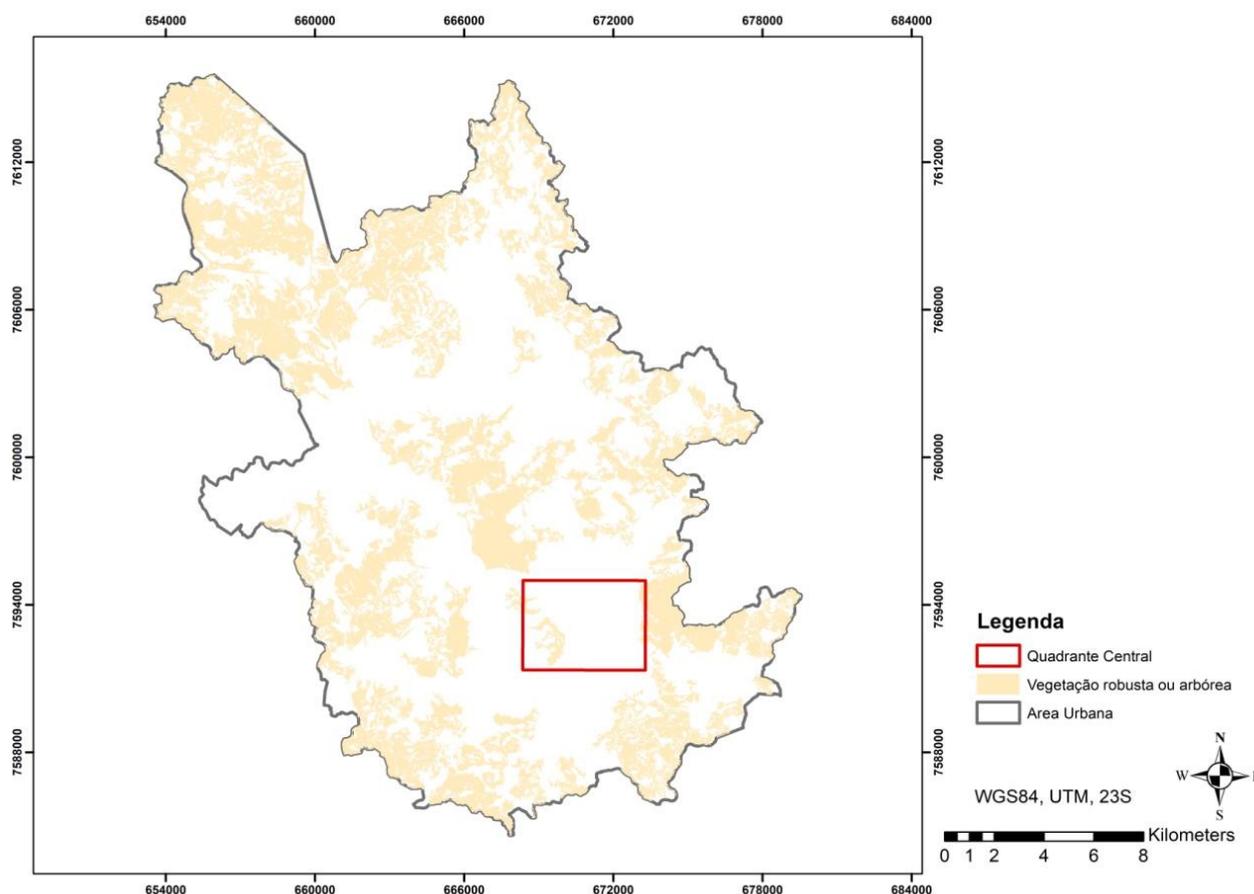
Além disso, faz-se necessário ressaltar o papel da vegetação rasteira (gramínea) e arbustiva nos estudos das áreas verdes urbanas, uma vez que essas áreas devem ser vistas como espaços livres que possibilitem a requalificação vegetal, buscando promover as áreas verdes urbanas nas proporções do território onde inexista vegetação robusta e arbórea de qualidade. Todos os estudos realizados para a vegetação robusta e arbórea podem ser aplicados para a vegetação rasteira e arbustiva, desde que a vegetação robusta e arbórea não seja suficiente ou capaz de resolver e promover o equilíbrio ambiental entre as áreas construídas e vegetadas.

No caso de identificação da falta ou vulnerabilidade das áreas verdes no contexto urbano, cabe investigar a vegetação rasteira e arbustiva como uma possibilidade para o processo de requalificação, buscando resolver a fragilidade da ausência da vegetação robusta e arbórea, como também para cumprir o papel de requalificação quanto à criação de *stepping stones* (conectividade) entre os fragmentos de vegetação existentes.

Para ilustrar o uso das áreas de vegetação rasteira e arbustiva como áreas de potencial para a requalificação das áreas verdes urbanas, foi utilizado, como exemplo, um quadrante da cidade destacado em vermelho (fig. 80).

Assim, foi elaborado o Mapa de Proximidade (fig. 81) da vegetação rasteira e arbustiva, que mensura os vizinhos mais próximos entre os fragmentos existentes, para favorecer a criação de áreas robustas e arbóreas no quadrante escolhido da fig.83. A cor azul-clara representa os fragmentos mais próximos entre si, que aparecem no entorno do mapa e que podem servir para a requalificação vegetal em auxílio a vegetação robusta e arbórea. E a cor rosa representa os fragmentos mais distantes entre si, como é possível perceber no triângulo central da imagem a existência de um fragmento em rosa que mostra o quanto esse fragmento de vegetação está isolado em relação aos demais.

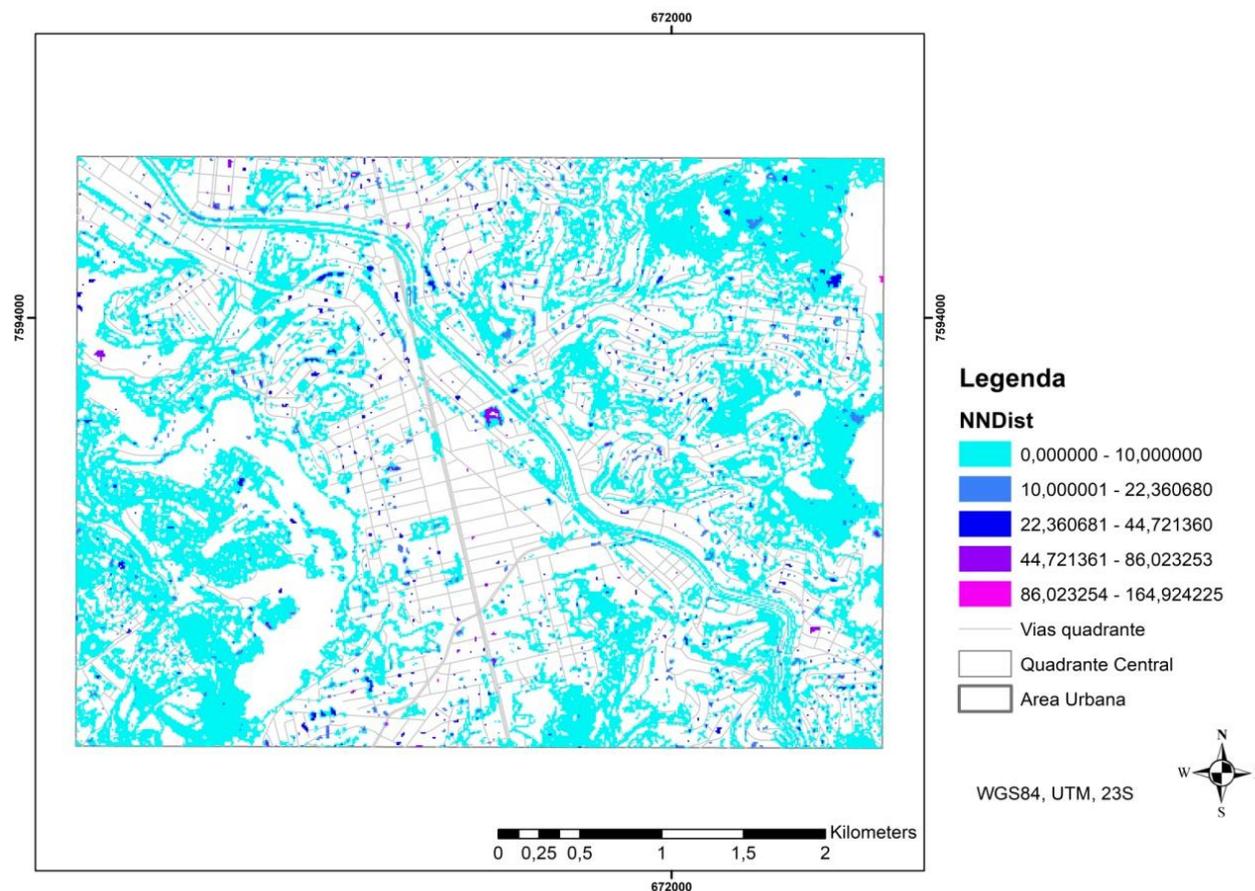
Fig. 80: Área de análise para demonstrar a potencialidade das áreas de vegetação rasteira e arbustiva para requalificar áreas com ausência ou pouca vegetação robusta e arbórea.



Além disso, destaca-se na figura a proximidade da vegetação rasteira e arbustiva que corta a imagem presente ao longo do Rio Paraíba, principal rio da cidade, indicando uma ótima área para promover a vegetação robusta e arbórea e criar corredores de conectividade da vegetação urbana.

Após essa etapa, foram realizadas análises no mesmo quadrante selecionado do Mapa de Proximidade (fig.79) com os mapas das métricas estudadas de vegetação robusta e arbórea (fig.70). A letra A consiste na seleção do quadrante do Mapa de Áreas dos fragmentos de vegetação robusta e arbórea existentes, onde é possível perceber que a mancha em vermelho é a área que precisa ser melhorada na vegetação robusta e arbórea, uma vez que, de acordo com a legenda do mapa fig. 67, representa os menores fragmentos de áreas de vegetação robusta e arbórea. Assim, a vegetação rasteira e arbustiva em azul-claro poderia servir como base para a criação de novas áreas verdes robustas como o indicado no croqui na cor rosa.

Fig. 81: Mapa de Proximidade do quadrante das áreas de vegetação rasteira (gramínea) e arbustiva na área central selecionada.



Fonte: Autora

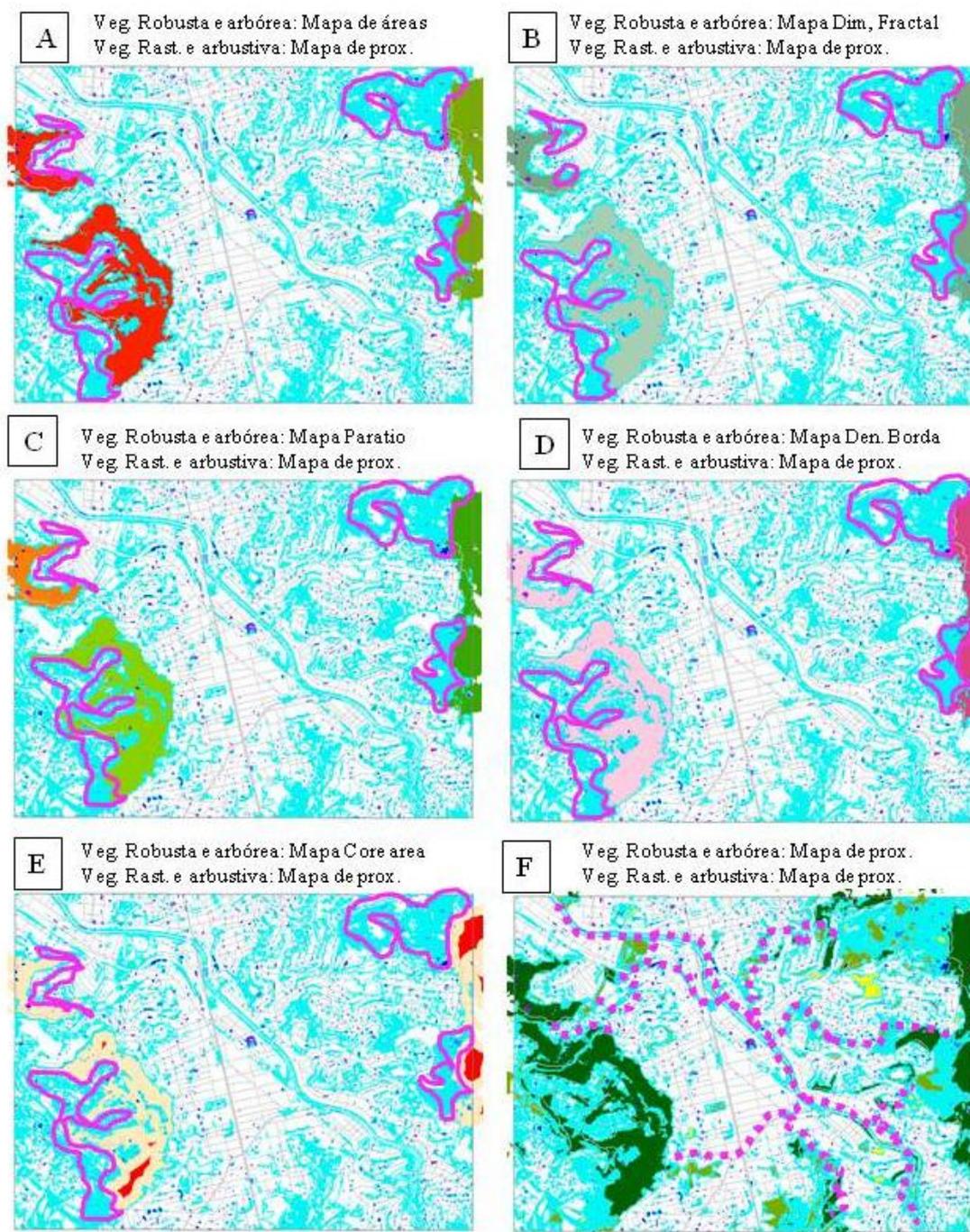
A letra B, que consiste na seleção do quadrante do Mapa de Dimensão Fractal, demonstra como as áreas de vegetação rasteira e arbustiva poderiam auxiliar no favorecimento de formas mais simples e compactas de vegetação robusta e arbórea. A letra C, que representa o Mapa Relação Média entre Área-Perímetro, mostra que as áreas de vegetação rasteira e arbustiva, quando trabalhadas ou bem aproveitadas, também favorecem a expansão das áreas verdes existentes, bem como seus perímetros.

Na letra D, que representa o Mapa de Densidade de Borda, as vegetações rasteira e arbustiva poderiam favorecer os fragmentos mais frágeis. A letra E, o Mapa Core Área, mostra o quanto o núcleo do fragmento está comprometido, assim, ao se utilizarem as áreas de vegetação rasteira e arbustiva, essas poderiam ter seus núcleos aumentados e conseqüentemente colaborarem para a preservação da biodiversidade.

A letra F, que representa o Mapa de Proximidade da vegetação robusta e arbórea, em comparação com o Mapa de proximidade da vegetação rasteira e arbustiva, como pode ser visto no croqui em rosa, poderia auxiliar na criação de corredores de vegetação,

facilitando a criação de *stepping stones* e consequentemente ligando os grandes fragmentos de vegetação robusta e arbórea.

Fig. 82: Análise do quadrante central da cidade quanto a requalificação para promoção de áreas verdes urbanas e *stepping stones*.



Fonte: Autora

Assim, os estudos das métricas mostram-se interessantes por permitirem a identificação das áreas verdes existentes e a caracterização sobre as condições em que essas se encontram. A identificação das vulnerabilidades e potencialidades favorece o conhecimento quanto à realidade existente, sendo este o passo inicial para se promover e requalificar as áreas verdes do município de forma viável, desde que haja um planejamento urbano pensado não somente para as construções e para a expansão urbana, importantes para o desenvolvimento, mas também para as áreas verdes como elemento importante da paisagem e da qualidade ambiental urbana.

A análise dos polígonos de vegetação rasteira ou gramínea e arbustiva deve ser feita separadamente, porque elas não se destinam à manutenção das condições, mas sim terão papel estratégico no caso de necessidade de requalificação e transformação de usos em vegetação arbórea ou robusta. Com a finalidade de exemplificar como deve ser feito o estudo, optou-se pela escolha da área central da cidade, caracterizada por muitos desafios em função da baixa qualidade de vegetação, afim de se demonstrar o potencial da ferramenta. Nesse sentido, não foram estudados os bairros Bairu e São Pedro, pois eles são mais qualificados, e tiveram um papel na pesquisa que foi a indicação da expectativa cidadã para o índice volumétrico de vegetação.

CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pensar na ocupação do solo urbano e como esse processo vai se consolidar na paisagem é pensar na qualidade de vida das pessoas que vivem nas cidades, permitindo a convivência harmoniosa entre as áreas vegetadas e construídas. É também uma forma de facilitar a identificação das pessoas com o lugar, através do *genius loci*, e conseqüentemente valorização pelo cidadão, que passa a identificar e se apropriar do local em que vive propiciando a sensação de pertencimento e responsabilidade pela paisagem a sua volta.

Entretanto, os Planos Diretores e as leis de Uso e Ocupação do Solo ainda se restringem a atuar e regular principalmente as edificações, sendo frágeis no que diz respeito à proposição de um espaço urbano de forma integrada, que contemple também a vegetação, com um olhar mais atento para a conservação, manutenção e recuperação das áreas verdes, por isso a importância de inserir normativas desse tipo nos Planos Diretores no Brasil.

As áreas verdes urbanas são responsáveis por introduzirem e promoverem a biodiversidade, melhorarem as condições do microclima relacionadas a temperatura e umidade, bem como prevenir os eventos de enchentes e assoreamentos de rios e córregos que abastecem as cidades, tema hoje recorrente no noticiário brasileiro.

Este estudo se mostra relevante ao contemplar não só as áreas verdes das cidades, mas também a relação harmônica com as áreas construídas, por entender que isso é um elemento importante para o desenvolvimento dos municípios, sem perder a qualidade da paisagem. Ao propor um Roteiro Metodológico para a elaboração de Planos Diretores que podem posteriormente contemplar os Planos de Cobertura Vegetal e Arborização Urbana, o estudo mostra a viabilidade de gerenciar e conservar as áreas verdes de forma otimizada no contexto urbano, independente da realidade em que se encontram.

Além disso, a tese permite através do roteiro metodológico a identificação e caracterização por parte dos gestores quanto a realidade existente no que toca as vulnerabilidades e potencialidades locais, favorecendo o reconhecimento de oportunidades para implantação e requalificação da cobertura vegetal. A proposta de Roteiro Metodológico que é produto da tese é uma orientação para se utilizar geoprocessamento nos estudos de qualidade ambiental urbana relacionados à presença de áreas verdes. A proposta de roteiro auxilia como proceder quando não há uma condição favorável de acesso à infraestrutura de dados livres e gratuitos necessária para

realizar as análises e proposições, reconhecendo as distintas realidades existentes no Brasil em relação às tecnologias de geoinformação. Dessa forma, é um roteiro defensável e reproduzível..

Promover a contato diário da população com elementos das áreas verdes e da arborização distribuídos na paisagem é permitir a convivência da população com os benefícios já conhecidos das áreas verdes, uma vez que grandes parques urbanos estão mais distantes e são visitados com menos frequência do que aqueles que estão próximos das casas das pessoas e do que as áreas verdes que estão ao longo dos caminhos. Estudos como o de Moura (2017) demonstram que as áreas verdes concentradas não fazem parte do cotidiano do cidadão, uma vez que as pessoas precisam se deslocar para partes específicas da cidade para terem contato com a vegetação, enquanto o resto da cidade é caracterizado por uma área edificada muito densa, o que alerta para a necessidade de distribuição de massa vegetada juntamente com a massa edificada.

Outro ponto de discussão levantado na tese está relacionado ao uso de índices generalistas muito comuns quando se fala em áreas verdes urbanas. É relativamente fácil encontrarmos materiais sobre expectativas de metros quadrados de área verde por habitante, sobre índices que comparam as cidades quanto ao total de vegetação existente, ou mesmo sobre estudos que não separam as tipologias de vegetação (rasteira ou robusta) ao fazer seus cálculos. Estudos generalistas não conseguem contemplar a real distribuição das áreas verdes, de modo a promover o equilíbrio entre volume edificado e volume vegetado, não consideram em suas análises a expectativa dos cidadãos de forma a promover a valorização e identificação das pessoas com o lugar, e não dão base para ações de planejamento e projetos que seriam um passo importante para além da crítica.

Os índices, que em geral são apresentados na forma de rankings entre as cidades, não consideram as especificidades de cada localidade, além do fato de que ter um índice bom não necessariamente representa a realidade como um todo, uma vez que em algumas situações as áreas verdes não se encontram pulverizadas na paisagem urbana, mas concentradas em determinadas porções do território, enviesando o resultado, gerando frustração entre gestores e comunidade quanto a melhorias que podem e devem ser realizadas. Além disso, esses índices não conseguem abranger o volume vegetado e o volume construído em suas análises, já que muitos deles baseiam-se no cálculo de área (bidimensional), não se encaixando no contexto Brasil, país

continental com diversas realidades de planejamento urbano e de tipos de vegetação, contemplando a escala do olhar sobre a paisagem.

Dessa forma, a tese favorece a avaliação das condições e características do território, por meio da identificação de potencialidades e viabilidades existentes para a implantação e recuperação das áreas verdes. Defendemos que cada cidade deve propor o seu índice de área verde e que ele seja pensado de modo distribuído e não concentrado, e que este índice deve ser decidido localmente, com a participação das pessoas, para que essas se tornem protagonistas do planejamento urbano, algo que hoje ainda não são, relegando ao poder público essa função.

O estudo da cidade de Praga foi importante para demonstrar que o cuidado com a qualidade ambiental nem sempre é uma resposta técnica pensada nesse propósito, mas que pode ser uma resposta cultural e topográfica, como no estudo no qual as pessoas optam por construir suas residências nas áreas mais planas deixando os declives e aclives desocupados e vegetados.

Por isso se justifica a importância da realização de questionários para conhecer a expectativa da população e seus valores, como nos estudos de caso da Pampulha e de Juiz de Fora. Essa estratégia também é uma forma de trazer a responsabilidade ao cidadão, fazendo com que a vegetação seja pensada não só nas áreas públicas mas também privadas, tornando a questão mais abrangente e não somente posta nas mãos dos gestores que acabam com a incumbência de manter e promover as áreas vegetadas nos municípios.

O uso das métricas associadas à tabela de usos, vocações, destinações e volumetrias mostrou-se interessante ao auxiliar na identificação e análise das melhores áreas que podem ser requalificadas ou criadas para preservação das áreas verdes e toda a cadeia de benefícios ligadas a elas. Por meio dos estudos das métricas, foi possível identificar as potencialidades e vulnerabilidades do local de forma individualizada, permitindo a definição de macroáreas, que podem ser posteriormente especificadas em microáreas nos planos diretores, através de planos de arborização e cobertura vegetal, a serem definidas pelos gestores locais que avaliarão a melhor maneira para ser realizado o planejamento urbano, que caminha no sentido das *Smart Cities*, conceito hoje que vem sendo adotadas pelos grandes centros buscando empregar o uso de tecnologias no planejamento das cidades.

Vale ressaltar que os estudos das métricas alcançam apenas a esfera bidimensional, tornando necessários os estudos complementares, que possam contribuir

para os estudos das áreas verdes também nas esferas tridimensionais, ampliando o entendimento e manutenção dessas áreas. Nesse sentido, a análise realizada de cálculo das proporções entre volume edificado e volume vegetado consideradas ideais por quadra é um caminho. O próximo passo seria a inserção de um parâmetro de volume vegetado por lote, que poderia ser apresentado na forma de uma proporção com o volume edificado, tanto em m³ de vegetação robusta, quanto na decomposição do volume por unidades de elementos arbóreos, para facilitar a implantação e a fiscalização.

Outros desdobramentos sugeridos pela tese são o de aperfeiçoar os índices de áreas verdes, como novas propostas de mensuração das mesmas, e a criação de algoritmos para identificar as melhores áreas na cidade para implantação e viabilização das áreas verdes, estudos que já existem para as áreas rurais.

Nesse sentido, conclui-se que a tese teve como principal contribuição um roteiro metodológico defensável e reproduzível, para as diferentes realidades brasileiras, para a caracterização das condições de distribuição da cobertura vegetal em áreas urbanas, identificando vulnerabilidades e potencialidades. Esse roteiro, uma vez aplicado, identifica os fragmentos de vegetação e indica seus possíveis aproveitamentos na elaboração de um plano de recuperação da área verde urbana, pensados de modo integrado e favorecendo o equilíbrio, dentro de uma proporção entre volume edificado e volume vegetado, decidida localmente, segundo a expectativa cidadã.

O roteiro considera não só a vegetação em áreas de propriedade pública, mas propicia que sejam propostos parâmetros nos planos diretores que indiquem também volumes vegetados nas propriedades privadas. Não é um roteiro rígido, que leve a índices generalistas, mas é um suporte à decisão que considere as características e valores locais. O roteiro pode ser empregado de modo muito detalhista, onde há boa qualidade de dados, mas pode também ser empregado de modo expedito, onde não há dados.

A tese apresenta, dessa forma, orientações sobre como obter dados e tratar esses dados, representando a realidade em diferentes condições de qualidade de acesso livre a informação. Apresenta explicações sobre como processar os dados e informar a condição em que se encontra a distribuição das áreas verdes nas cidades. Dá orientações sobre como aproveitar os potenciais existentes e como enfrentar as vulnerabilidades, no equilíbrio entre edificações e vegetações, considerando a expectativa cidadã. Apresenta uma estrutura metodológica, ilustrada com os estudos de

caso de diferentes escalas, de como enfrentar a questão das necessidades das áreas verdes urbanas. É um expressivo suporte à construção de opiniões e à tomada de decisões para elaboração de planos diretores, adaptados a cada realidade, sem risco de generalizações e reproduções que não considerem as características do lugar e as expectativas dos cidadãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à PBH-Prodabel (Prefeitura de Belo Horizonte) pelo acesso aos dados da Regional Pampulha (dados cadastrais, LiDAR e ortofotos), colaboração resultante do acordo GGIU – Grupo de Gestão das Informações Urbanas.

O presente trabalho foi favorecida por produções da pesquisa CNPq processo 401066/2016-9, Edital Universal 01/2016, e ao PPM-00368-18 da FAPEMIG associado ao mesmo projeto, desenvolvimento no Laboratório de Geoprocessamento da EA-UFMG.

À Capes pela bolsa de doutorado no Brasil (CAPES/PROEX) e a bolsa de doutorado sanduíche (CAPES/PDSE Edital n.º 19/2016 (Processo: Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior) – n.º {88881.133171/2016-01}).

Ao professor Henry W. A. Hansov IV da *Faculty of architecture*, CTU České Vysoké Učení Technické V Praze, em Praga por me receber e dar apoio durante meu estágio no doutorado sanduíche.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

ABASCAL, Eunice Helena Sguizzardi, BILBAO, Carlos Abascal. Arquitetura e ciência - reflexões para a constituição do campo de saber arquitetônico. In.: *Vitruvius*. Arquitexto 127.02 ano 11, dez. 2010. Disponível em: goo.gl/ZkBocU, acessado em 02/02/2015.

ABRANCHES, Lucas Cruz. Áreas verdes e espaço urbano: A Mata do Krambeck e a cidade de Juiz de Fora em Minas Gerais. Dissertação de mestrado. Ambiente Construído, UFJF, Faculdade de engenharia, 2016.

ALMEIDA, Daniel Vater de. Plano Agache: a cidade do Rio de Janeiro como palco do 1º plano diretor do país e a consolidação do urbanismo no Brasil. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, Universidade de São Paulo, 2005.

ANTUNES, Mauro Antônio Homem; SIQUEIRA, Jéssica Caroline dos Santos. Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento e agrícola e ambiental. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE, 2013.

ARAUJO, Carlos M. A., FERREIRA, Cássia C. M. áreas verdes públicas em Juiz de Fora, MG: uma análise do estado da arte atual. Geo UERJ. Rio de Janeiro - Ano 16, n.º. 25, v.2, 2º semestre de 2014, pp.250-275, 2014.

ARRAIS, Cristiano Alencar. A CONSTRUÇÃO DE BELO HORIZONTE E O PROJETO DE MEMÓRIA DE AARÃO REIS. *Diálogos*, DHI/PPH/UEM, v. 14, n. 3, p. 579-603, 2010.

BARBOSA, Françoise de Fátima, FERNANDES, Elaine Aparecida. Qualidade ambiental e qualidade de vida: as inter- relações para o estado de Minas Gerais. 48º Congresso SOBER, Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 2010.

BARROS, K. A. R. T.. Levantamento dos fragmentos florestais da cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais – Brasil. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-graduação em Ecologia, 2015.

BENEDICT, Mark A., MCMAHON, Edward T. *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press, 2006.

BENINI, Sandra Medina, MARTIN, Encarnita Salas. Decifrando as áreas verdes públicas. *Revista Formação*, n.17, volume 2 – p. 63-80, 2010.

BERDOULAY, Vincent. Modernismo e espaço público: o Plano Agache do Rio de Janeiro. *Revista Território - Rio de Janeiro - Ano VII – nº11*, 2003.

BESSA, Júlio César Martins de. Utilização de imagens de sensoriamento remoto de alta e média resoluções espaciais na geração de informação sobre ocupações urbanas como subsídio ao planejamento. Monografia. INPE, São José dos Campos, Dezembro, p.1-75, 2005.

BORGES, J., CARVALHO, G., MOURA, A.C.M. Estudo da conformação da paisagem de Sabará-MG para compreensão das métricas do Fragstats em padrões de uso do solo. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 24. 2010, Aracaju. Anais... XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Cartografia, 2010. p. 1473 - 1481.

BRASIL, Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Novo Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996. E 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga a lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754 de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília- DF, publicação DOU 28 de maio de 2012. Disponível em: goo.gl/3T87zi. Acesso em 22/10/2018.

BRASIL, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. Lei dos Crimes Ambientais. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília – DF, publicações DOU 17 fev. 1998. Disponível em: goo.gl/i9E8c6. Acesso em 22/10/2018.

BREMNER, Caroline. "Top 100 City Destinations Ranking". Euromonitor International. Retrieved 2 March, 2016.

BRITO, Fausto. Estudos Avançados. (Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo). Vol.20, no.57, São Paulo. Maio/Agosto, 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142006000200017>. Acesso em: 22/10/2018.

BRUNDTLAND, Comissão. Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento o nosso futuro comum. Universidade de Oxford. Nova Iorque, 1987. Disponível em: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>. Acesso em: 22/10/2018.

CARVALHO, Pompeu F. de; BRAGA, Roberto (orgs.). *Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias*. Rio Claro: LPM-UNESP, pp. 111 a 119., 2001

CARVALHO, Sonia Nahas de. *ESTATUTO DA CIDADE aspectos políticos e técnicos do plano diretor*. São Paulo Perspec. vol.15 no.4, São Paulo Oct./Dec., 2001

CASTANHEIRA, Eduardo Cunha; REIS, Patrícia Carolina Guimarães. *Documentação da arborização e vegetação urbanas no bairro de Santa Tereza em Belo Horizonte.V Seminário Ibero-Americano arquitetura e documentação Belo Horizonte, 2017.*

CASTRO, Marina Magalhães, MOURA, Ana Clara M., NOGUEIRA, Renata Herculano, AGUIAR, Tatiana, OLIVEIRA, Francisco Henrique. *Parametric Modeling as an Alternative Tool for Planning and Management of the Urban Landscape in Brazil – Case Study of Balneario Camboriu*. DisegnareCon, 2018.

CAVALHEIRO, F., DEL PICCHIA, P. C. D., 1992. *Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento*. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, Vitória: CBAU, pp. 29-35.

CAVALHEIRO, Felisberto et al. *Proposição de terminologia para o verde urbano*. Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Rio de Janeiro: SBAU, ano VII, n.3, p.7, jul./ago./set. 1999. Disponível em: < goo.gl/Eks83i > Acesso em: 17 out. 2017.

CEMIM, G., PÉRICO, E., REMPEL, C. *Uso de sistemas de informação geográfica para análise da estrutura da paisagem do município de Arvorezinha, RS*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12. 2005. Goiania. Anais... XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, INPE. 2015, p. 2113-2120.

CHOAY, Françoise. (1965). *O Urbanismo em questão*. In: _____. *O Urbanismo*. São Paulo: Editora Perspectiva, 2005. p. 1-35.

COSTA, Renata Geniany S.; FERREIRA, Cássia de Castro M. *Estudo das Áreas Verdes em Juiz de Fora, MG*. Juiz de Fora. *Revista de Geografia*, v. 1, nº 1, p.1-10. Juiz de Fora: PPGEU/UFJF, 2011.

COUTO, Paula. *Análise factorial aplicada a métrica de paisagem definidas em FRAGSTATS*. *Revista Investigação Operacional*, 2004.

CULLEN, G. *Paisagem urbana*. São Paulo: Martins Fontes, 1983.

DORNELLAS, W. A.; ROCHA, N. A.; Klaus C. Alberto. *Definição do Índice de áreas verdes (IAV) em regiões urbanas: uma revisão*. In: IV simpósio de Pós-graduação em Engenharia Urbana I Encontro Nacional de Tecnologia Urbana, 2013, Rio de Janeiro. IV SIMPGEU I ENURB - Caderno de resumos. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, 2014.

DORNELLAS, W. A. *Áreas verdes e saúde coletiva: análise espacial da relação entre áreas verdes urbanas e taxas de internação por doenças respiratórias em Juiz de Fora – MG*. Dissertação de mestrado. Ambiente Construído, UFJF, Faculdade de engenharia, 2013.

DUCATTI, Alexandre et al. *Análise da paisagem por Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e métricas de paisagem como subsídio para tomada de decisões em nível ambiental*. *Revistas Espacios*, vol 32, p.36, 2011.

EASTMAN, Chuck, et al. 2008. *BIM Handbook*. New Jersey : John Wiley & Sons, 2008.

FIGEREDO, E., FIDÉLIS, T. No meu quintal, não!". Contributos para uma análise dos movimentos ambientais de raiz popular em Portugal (1974-1994). Revista Critica das Ciências Sociais, 2003. Disponível em: <https://journals.openedition.org/rccs/1187>. Acesso em 23/10/2018.

FILHO, Afonso Peche et al. Metodologia IAC para análise de paisagem. XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poças de Caldas, 2014.

FLAXMAN, Michael. Fundamental of Geodesign. Keynote: May 22, 2009.

FONSECA, B. M., RIBAS, R. P., MOURA A. C. M. Applying Ecological Landscape Concepts and Metrics in Urban Landscape Management. In: Changing Cities: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions, 2. 2015. Porto Heli. Anais...II Proceedings of the International Conference on Changing Cities II: Spatial, Design, Landscape & Socio-economic Dimensions, Thessaly, Grafima Publications, 2015. p. 661-620.

FONSECA, Bráulio M., MOURA, Ana Clara M., RIBAS, Rodrigo P., CARVALHO, Grazielle A., CASAGRANDE, Pedro B. Modelagem Paramétrica da paisagem urbana e cadastro 3D utilizando dados LIDAR: uma proposta metodológica. Revista Brasileira de Cartografia, 2016.

FORMAN R.T.; BAUDRY J. Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. Environmental Management, n. 8, p.499-510, 1984.

FORMAN, R.T.T, GODRON, M. Landscape Ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986.

GIONGO M., KOEHLER, Henrique S., MACHADO, Sebastião do A., KIRCHNER, Flavio F., MARCHETTI, Marco. LIDAR. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.30, n. 63, p. 231-244, 2010.

GOLÇALVES, W. Florestas Urbanas. Ação ambiental, v.2, n.9, p.17-19, 2000.

GONÇALVES, W. Arborização Urbana. Viçosa-MG: CPT, 2009.

GREY, W.G.; DENEKE, F.J. Urban Forestry. JoJm Wiley & Sons. 1986.

GUIMARÃES, Elione Silva, MOTTA, Márcia M. M. (Orgs.). Campos em disputa: História Agrária e Companhia. São Paulo: Annablume, 2007. p.200.

HARDER, Isabel Cristina Fialho, ROBEIRO, Roberval de Cássia Salvador, TAVARES Reis Armando. Índices de área verde e cobertura vegetal para praças do município de Vinhedo, SP. Revista Árvore, Viçosa, v.30, nº2, p.277-282, 2006.

HERGOZ, Cecilia Polacow. Cidades: (re) aprendendo a conviver com a natureza. 1ed., Rio de Janeiro, Maud X: Inverde, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do Censo demográfico de 2010. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 10/10/2013.

IBGE. Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros 2017. Disponível em: <https://goo.gl/8hFFp3>. Acessado em: 24/11/2018

LESSA, Jair. Juiz de Fora - Do caminho Novo à proclamação. Editora UFJF, Juiz de Fora, 1985.

LI X., ZHANG C., LI W., RICARD, R., MENG, Q., ZHANG, W. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index. *Urban Forestry & Urban Greening* 14 (3), 675-685, 2015.

LI, X., RATTI, C. Mapping the spatial distribution of shade provision of street trees in Boston using Google Street View panoramas. *Urban Forestry & Urban Greening* 31: 109-119, 2018.

LIMA, Ana Maria Liner Pereira et al. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In. 2º Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana, 1994, ANAIS... São Luís. p. 539-550. Disponível em: < goo.gl/SEsGy1 >. Acesso em: 13 out. 2017.

LIMA, H.P.; HARKOT, O. A. M. G.; RUIZ, M. S. Alteração nas áreas verdes da cidade de São Paulo: a partir da implantação da lei de zoneamento de 2016. IV Simpósio Brasileiro de Geomática e II Jornadas Lusófonas - Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica, Presidente Prudente - SP, p. 24-26, 2017.

LOBODA, Carlos Roberto et al. Áreas Verdes Públicas Urbanas: Conceitos, Usos E Funções. *Revista Ambiência*, v. 1, n. 1, 2005.

LOBODA, Carlos Roberto; ANGELIS, Bruno Luiz Domingos de. Áreas Públicas Urbanas: conceito, uso e funções. *Ambiência*. Guarapuava, PR, v.1 n.1, p. 125-139, jan./jun. 2005, ISSN 1808 - 0251. Disponível em: < <http://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/157/185>>. Acesso em: 13 out. 2017.

MACEDO, Silvio Soares, SAKATA, Francine Gramacho. Parques urbanos no Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. 207p.

MAGALHÃES, Danilo Marques de. Análise dos espaços verdes remanescentes na mancha urbana conurbada de Belo Horizonte - MG apoiada por métricas da paisagem. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Belo Horizonte, UFMG, 2013.

MASCARÓ, Lucia, MASCARÓ, Juan José. *Ambiência urbana - Urban environmet*. 3ª edição. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009.

MAZETTO, Francisco de A. P. Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: breve comparação de conceitos. *Revista Sociedade & Natureza*, v.12, nº 24, 2000.

METZGER, J. P. O que é Ecologia de Paisagens?. *Biota Neotrópica*. n.1, p. 1-9, 2001.

MILANO, M. S.. Arborização urbana. In: Curso sobre arborização urbana. Resumos. Curitiba, UNILIVRE/Prefeitura Municipal de Curitiba / Sociedade de Arborização Urbana, 1993, pp. 1-52.

MILANO, Miguel Serediuk. Avaliação Quali-Quantitativa e Manejo da Arborização Urbana: Exemplo de Maringá - PR. 1988. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1988.

MILLER, R.W. *Urban Forestry. Planning and Mananging Urban Greenspaces*. 2ed. Prentice Hall, 1997.

MINAKI, Cíntia, AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. ESPAÇOS URBANOS E QUALIDADE AMBIENTAL – UM ENFOQUE DA PAISAGEM. Revista Formação, n14 volume 1 – p. 67-82, 2007.

MONTEIRO, Suellen R. A relação entre áreas verdes e saúde na cidade de Juiz de Fora – MG. Dissertação de mestrado. Ambiente Construído, UFJF, Faculdade de engenharia, 2013.

MONT-MOR, Roberto Luís. As teorias urbanas e o planejamento urbano no Brasil. Economia regional e urbana: Contribuições teóricas recentes. (pp. 61-85). Belo Horizonte: Editora UFMG. 2006.

MOURA, A. C. M., ROCHA, N. A., SENA, I. S., KECHAGIOGLOU. The role of vegetation cover indexes in urban areas: a contribution based on landscape ecology using sentinel-2 satellite images. XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro, 2017.

MOURA, Ana Clara M. Geoprocessamento no planejamento e gestão urbana. Rio de Janeiro, Interciência, 2014. 286 p. (3a. edição. 1a. edição 2003).

MOURA, Ana Clara M. Landscape design or parameterization? Recent tendencies in geo-technologies for representing and planning urban territory. DisegnareCon, n.11, 2013. p. 3-10.

MOURA, Ana Clara M. Progettazione paesaggistica o parametrizzazione? Recenti tendenze in geo-tecnologie per la rappresentazione e pianificazione del territorio urbano. Revista Disegnarecon, Università Degli Studi di Bologna, G.I.S. & Urban Design, 2013.

MOURA, Ana Clara M. Progettazione paesaggistica o parametrizzazione? Recenti

MOURA, Ana Clara M., RIBEIRO, Suellen R., CORREA, Isadora, BRAGA, Bruno. Parametric Modeling of Urban Landscape: Decoding the Brasilia of Lucio Costa from Modernism to Present Days. TeMA - Journal of Land Use, Mobility and Environment 1(1), 2014, p.697-708.

MOURA, Ana Clara M.; MOTTA, Silvio Romero. Modelagem Paramétrica no Planejamento da Paisagem Urbana: Potencial de Implantação da Computação Evolucionária. Capítulo 12 do livro de Tecnologia de Geoinformação para representar e planejar o território urbano, 1ª ed., Belo Horizonte, 2016.

MOURA, Ana Clara Mourão. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2899-2906, 2007.

MUDERERE, Trymore, MURWIRA, Amon, TAGWIREYI, Paradzayi. An Analysis of Trends in Urban Landscape Ecology Research in Spatial Ecological Literature Between 1986 and 2016. Springer International Publishing, 2018.

MYNENI, R.B., HALL, F.G., SELLERS, P.J. and MARSHAK, A.L. "The interpretation of spectral vegetation indexes". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v.33, p.481-486, 1995.

NOGUEIRA, A.; WANTUELFER, G.. Florestas Urbanas: planejamento para melhoria da qualidade de vida. Viçosa: Aprenda Fácil, 2002.

NOGUEIRA, Helena et al. Saúde: Vulnerabilidade e Oportunidade na Área Metropolitana de Lisboa. In.: SANTANA, Paula, COIMBRA (org). A Cidade e a Saúde. Coimbra, Edições Almedina, 2007.

NOGUEIRA, Renata H. Os (des)caminhos da linguagem coletivas paisagens urbanas brasileiras [manuscritos]: a forma urbana modelada pela norma. Dissertação de mestrado, Escola de Arquitetura, UFMG, 2018.

NORBERG-SCHULZ, Christian. 1980. Genius Loci - Towards a phenomenology of architecture. London, Academy Editions.

NORBERG-SCHULZ. Genius Loci. Towards a Phenomenology of Architecture. New York: Rizzoli, 1980, 212 p

NUCCI, João Carlos. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: USP, FFLCH, 2001. 236 p. Disponível em: <http://www.labs.ufpr.br/site/arquivos/qldade_amb_aden_urbano.pdf> Acesso em: 13 out. 2017.

OLIVEIRA, C. A.; JESUS, I. S. Espacialização e quantificação das áreas verdes no perímetro urbano do município de Rio Branco - Acre. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011.p.0877.

OLIVEIRA, Paulino. História de Juiz de Fora. 2a ed. Juiz de Fora: FUNALFA, 1966.

ONIKI, Y., WILLIS, E. O. Bibliography of Brazilians birds: 1500-2002. Instituto de Estudos da Natureza, Rio Claro, 2002.

ONU BRASIL. Relatório Anual da Organização das Nações Unidas, 2017. Disponível em: goo.gl/sQfQd9. Acesso em: 21/10/2018.

ONU. Revision of World Urbanization Prospects, 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>. Acesso em: 02/03/2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. World Urbanization Prospects, the 2009 Revision: Highlights. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Nova York, 2010.

PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita; MOURA, Newton Célio Becker de. Estratégias para uma infraestrutura verde. [S.l: s.n.], 2017.

PEREIRA, Máriam Trierveiller, GIMENES, Marcelino Luiz Gomes, SILVA, Frederico Fonseca da, ZANATTA, Odacir Antônio. Desenvolvimento De Indicador De Qualidade De Áreas Verdes Urbanas (IQAVU) E Aplicação Em Cidades Paranaenses. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, v.5, n.1, p.132-159, 2012.

PÉRICO, Eduardo, CEMIN, Gisele, LIMA, Daiane Fátima B. de, REMPEL, Claudete. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidade animais: utilização de sistemas de informação geográficas e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2339-2346.

POL, Enric. A gestão ambiental, novo desafio para a psicologia do desenvolvimento sustentável. Estudos de Psicologia, Natal, (online) vol.8, n.2, pp.235-243, 2003. Disponível em: goo.gl/GC7HM4. Acessado em 23/10/2018.

PORTAL COPERNICUS ESA. Disponível em: goo.gl/s4nHGR. Acesso em 17 de outubro de 2017.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Lei de uso e ocupação do solo nº6908/86. Disponível em: goo.gl/RGNDdH, acessado em: 03/02/2015.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Quota Ambiental e Taxa de Permeabilidade Mínima - Lei n.º 16.402/2016 e Decreto n.º 57.565, 2016. Disponível em: <https://goo.gl/easARF>, acessado em: 05/12/2018.

PROIETTI, Fernando Augusto et al. Unidade de contexto e observação social sistemática em saúde: conceitos e métodos. Physis Revista de Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 469-482, 2008.

Revista Istoé. Pesquisa do IBGE mostra carência de verde em cidades. 2016, edição nº 2553 23/11. Disponível em: <https://goo.gl/Q3pLut>. Acesso: 11/11/2018.

RESENDE, Denis Alcides; ULTRAMARI, Clovis. Plano diretor e planejamento estratégico municipal: introdução teórico-conceitual. RAP Rio de Janeiro, Mar./Abr., 2007.

RESENDE, Xavier Wagner, SOUZA, Heloísa Thaís Rodrigues de, SOUZA, Rosemeri Melo e. ÍNDICES DE ÁREAS VERDES PÚBLICAS: UMA AVALIAÇÃO FITOGEOGRÁFICA DA QUALIDADE AMBIENTAL EM ARACAJU, 2007.

RHEINGANTZ, Paulo A.; AZEVEDO, Giselle, BRASILEIRO, Alice, ALCANTARA, Denise, QUEIROZ, Monica. Observando a Qualidade do Lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro, FAU-UFRJ Coleção PROARQ, 2009. 115 p.

RIBAS, Rodrigo P. Modelagem Paramétrica da Cobertura Vegetal do Solo – Reflexões a partir da Ecologia da Paisagem. Capítulo 11 do livro de Tecnologia de Geoinformação para representar e planejar o território urbano, 1ª ed., Belo Horizonte, 2016.

RIBAS, Rodrigo P., MOURA, Ana Clara M., CARVALHO, Grazielle A., FONSECA, Bráulio M. Proposição metodológica de extração de altimetria em edificações utilizando dados LiDAR com vista a estudos volumétricos de coeficiente de aproveitamento. SELPER - La Geoinformacion al Servicio de la Sociedad, 2014.

RIBEIRO, L. C. Q. e CARDOSO, A. L. Da cidade à nação: gênese e evolução do urbanismo no Brasil. In: RIBEIRO, L. C, Q e PECHMAN, R. Cidade, Povo e Nação. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1996

RIBEIRO, Suellen, MOURA, Ana Clara M. Studies of Volumetric Potential in Pampulha, Brazil. INPUT, Torino, 2016.

ROCHA, Nicole Andrade da. Observação Social Sistemática: estudo de caso em duas regiões urbanas de Juiz de Fora – MG. Dissertação de Mestrado. Ambiente Construído, UFJF, Faculdade de engenharia, 2015.

ROCHA, N. A., SENA, Ítalo S., FONSECA, Bráulio, MOURA, A.C.M. Association between a spectral index and a landscape index for mapping and analysis of urban vegetation cover. Torino, INPUT, 9th International Conference on Innovation in Urban and Regional Planning, 2016.

ROCHA, Nicole A., SENA, Ítalo S., CASAGRANDE, Pedro B., Castro, Marina M., FONSECA, Bráulio M., MOURA, Ana Clara M. Studies of Volumetric Relation Between Vegetation and Buildings Using LIDAR Data and NDVI to Propose Urban Parameters. *Revista Brasileira de Cartografia*, 2017.

ROCHA, Nicole Andrade da, BORGES, Júnia Lúcio de C., MOURA, Ana Clara M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. *PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção*, Campinas, SP, v. 7, n. 1, 2016.

ROCHA, Nicole, SENA, Ítalo, FONSECA, Bráulio M., MOURA, Ana Clara M. Association between a spectral index and a landscape index for mapping and analysis of urban vegetation cover. *INPUT*, Torino, 2016.

ROSSET, F. Procedimentos metodológicos para estimativa do Índice de Áreas Verdes Públicas. Estudo de caso: Erechim-RS. 2005. 61f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e Saúde. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

ROUSE, J. W. "Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation" Type ii report, NASA/GSFCT, Greenbelt, MD, USA, 1973.

SAITO, Érika Akemi et al. Mineração em dados espaciais de desmatamento do prodes utilizando métricas da paisagem caso de estudo município de Novo Progresso - PA. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, p.01-09, 2010.

SANTOS, Milton. A urbanização brasileira. 5ªed. Vol.6, editora EDUSP, 2002.

SANTOS, Mílton. Técnica, espaço, tempo - globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: Hucitec, 1994.

SBAU. Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Carta a Londrina e Ibiporã. Boletim informativo. v.3, n.5, 1996. p. 3.

SECCHI, Bernardo. A cidade do Século Vinte. São Paulo: Perspectiva, 2009. 296 p.

SEGAWA, Hugo. Ao amor ao público: jardins no Brasil. São Paulo: Studio Nobel, 1996. 255p.

SEIFERLING, I., NAIKC, N., RATTI, C., PROULX, R. Green streets – Quantifying and mapping urban trees with street-level imagery and computer vision. *Landscape and Urban Planning* 165: 93–101, 2017.

SENA, Ítalo, CASAGRANDE, Pedro B., Rocha, Nicole A., FONSECA, Bráulio M., MOURA, Ana Clara M. Methodology for green and built volume analysis. *Revista Mercator*, 2018.

SIEMENS. The Green City Index - A summary of the Green City Index research series. Munich, Germany, 2012. Disponível em: goo.gl/KjAh1q. Acessado em 22/10/2018.

SIRKIS, Alfredo. O Desafio Ecológico das Cidades. In: Mendes, A.T. Meio Ambiente no Século XXI. Campinas, Armazém do Ipê. 2008.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. 1996. "Carta a Londrina e Ibiporã". Boletim Informativo, v.3, n.5, pp.3.

SPRING,DPI/INPE. Classificação de Imagens. Disponível em < goo.gl/N3ELyx >, acesso em 05 de novembro de 2017, 2006.

TASCA, Luciane. As contradições e complementaridades nas leis urbanas de Juiz de Fora: Dos Planos aos Projetos de Intervenção. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, 2010.

TORRES, Pedro Henrique Campello. Gentrificação verde novos debates, abordagens e agendas de luta na cidade contemporânea. Resenha, e-metropolis, nº 31, ano 8, 2017.

VASCONCELLOS, Andréa Araujo de. Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana. 1ed., Curitiba: Appris, 2015.

WOLFE, M., MENNIS, J.. Does vegetation encourage or suppress urban crime? Evidence from Philadelphia, PA. Landscape and Urban Planning, Amsterdam, v. 108, n.2/4, p. 113-122, 2012.

WU, J. 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. Landscape and Urban Planning. 125, 209-221

YE, Y., RICHARDS, D., LU, Y., SONG, P., Yu, Z., ZENG, W., ZHONG, T. Measuring daily accessed street greenery: A human-scale approach for informing better urban planning practices. Landscape Urban Planning, Elsevier, 2018.

ZANIN, E. M. Caracterização ambiental da paisagem urbana de Erechim e do Parque Municipal Longines Malinowski – Erechim – RS. 2002. 176f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da saúde, Universidade Federal de São Carlos, 2002.