

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

Análise das Áreas Verdes Urbanas do município de Limeira – SP

Luis Renato Joaquim

Profª. Dra. Andréia Medinilha Pancher

Rio Claro (SP)

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

LUIS RENATO JOAQUIM

ANÁLISE DAS ÁREAS VERDES URBANAS DO MUNICÍPIO DE
LIMEIRA – SP

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da
Universidade Estadual Paulista Júlio de
Mesquita Filho, para obtenção do grau de
Engenheiro Ambiental.

Rio Claro - SP
2019

| | |
|------|--|
| J62a | <p>Joaquim, Luis Renato Análise das áreas verdes urbanas do município de Limeira - SP / Luis Renato Joaquim. -- Rio Claro, 2019 47 f. : il., fotos, mapas</p> |
| | <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro Orientadora: Andréia Medinilha Pancher</p> |
| | <p>1. Engenharia. 2. Engenharia Ambiental. 3. Área Verde Urbana. I. Título.</p> |

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

LUIS RENATO JOAQUIM

ANÁLISE DAS ÁREAS VERDES URBANAS DO MUNICÍPIO DE
LIMEIRA – SP

Trabalho de Formatura apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Comissão Examinadora

Profa. Dra. Andréia Medinilha Pancher (orientadora)

Prof. Dr. Roberto Braga

Prof. Msc. Edvaldo Guedes Júnior

Rio Claro, 17 de Junho de 2019.

Assinatura do aluno

Assinatura da orientadora

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, que investiram na educação do filho quando tinham todos os motivos e incentivos para não fazê-lo.

À minha namorada Carol, que me dá o privilégio do tempo e do amor dela, mesmo quando tem motivos para não fazê-lo.

À minha orientadora, profa. Andréia, que concedeu o tempo preciosíssimo dela a um aluno da Engenharia, quando já tinha orientandos suficientes para não fazê-lo.

Aos Melhores, porque... Melhores.

À Bateria Porcaria, por ter me proporcionado o agridoce arrependimento de não ter entrado nela no meu primeiro ano.

E, por último e de forma alguma menos importante, à República Atoas, que aceitou um bixo esquisito e que só fazia besteira, mesmo com todos os motivos do mundo para não aceitá-lo.

Espero apenas conseguir honrar a confiança depositada por todo mundo.

Atoas chegou.

RESUMO

O presente estudo visa analisar os Índices de Áreas Verdes (IAV), porcentagem de Cobertura Vegetal (CV) e índice de Verde Urbano da malha urbana contínua do município de Limeira/SP através de delimitação manual e classificação orientada por objeto. A distribuição de Áreas Verdes em Limeira apresentou grande variabilidade, com muitas zonas apresentando IAV de 0m²/hab e uma única zona apresentando valor de 49,3 m²/hab. As zonas com maior IAV foram as centrais, com setores periféricos se mostrando em sua maioria desprovidos de tais feições, com um IAV geral de 1,46 m²/hab. A porcentagem geral de Cobertura Vegetal foi de 9%, com uma zona apresentando 31% de cobertura e 20% das zonas apresentando cobertura igual ou inferior a 5%. O índice de Verde Urbano foi calculado através da sobreposição dos dois indicadores analisados, e se mostrou baixo, com 41% das zonas sendo classificadas como de baixa qualidade ambiental em relação ao restante do município e somente 8% apresentando qualidade ambiental acima da mediana da cidade.

Palavras-chave: Geoprocessamento. Áreas Verdes Públicas. Planejamento Urbano. Limeira.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the Green Area Indexes (GAI), percentage of Vegetation Cover (VC) and Urban Green index of the continuous urban network of the city of Limeira/SP, through manual delimitation and object-oriented classification. The distribution of Green Areas in Limeira showed great variability, with many zones presenting GAI of 0 m²/hab and a single zone presenting values of 49,3 m²/hab. The zones with biggest GAI were the central ones, with peripheral sectors showing to be mostly devoid of such features, with a general GAI of 1,46 m²/hab. The general Vegetation Cover percentage was of 9%, with one zone presenting 31% of covering and 20% of the zones showing covering equal or inferior to 5%. The Urban Green index was calculated through superposition of the two analyzed indicators, and showed itself low, with 41% of the zones being classified as of low environmental quality in relation to the rest of the city and only 8% showing environmental quality above the city's median.

Keywords: Geoprocessing. Public Green Areas. Urban Planning. Limeira.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Localização do município de Limeira..... | 17 |
| Figura 2 – Amostra do zoneamento do município de Limeira – SP realizado para a pesquisa.... | 21 |
| Figura 3 – Esquema de delimitação de Áreas Verdes | 23 |
| Figura 4 - Densidade populacional urbana de Limeira/SP, por setor censitário | 28 |
| Figura 5 – Divisão das zonas de Limeira/SP | 29 |
| Figura 6 - Mapa da classificação automática de cobertura vegetal arbórea de Limeira | 32 |
| Figura 7 - Mapa da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira. | 33 |
| Figura 8 – Dados da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira (1)..... | 34 |
| Figura 9 – Dados da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira (2)..... | 35 |
| Figura 10 - Mapa das áreas verdes públicas da malha urbana contínua de Limeira. | 37 |
| Figura 11 – Áreas em m ² de cada Área Verde Pública da malha urbana contínua de Limeira | 38 |
| Figura 12 - Índice de Áreas Verdes de Limeira..... | 39 |
| Figura 13 – IAV por zona da malha urbana contínua de Limeira | 40 |
| Figura 14 – Mapa do Verde Urbano de Limeira..... | 43 |
| Figura 15 – Classes de Verde Urbano das zonas de Limeira (1)..... | 44 |
| Figura 16 – Classes de Verde Urbano das zonas de Limeira (2)..... | 45 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. OBJETIVOS | 10 |
| 2.1 Objetivo geral | 10 |
| 2.2 Objetivos específicos | 11 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 11 |
| 3.1 Qualidade Ambiental Urbana | 11 |
| 3.2 Indicadores Ambientais na mensuração de Qualidade Ambiental Urbana | 12 |
| 3.3 Cobertura vegetal em espaços urbanos | 13 |
| 3.4 Conceito de Áreas Verdes | 14 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 4.1 Caracterização da área de estudo | 16 |
| 4.2 Metodologia | 18 |
| 4.2.1 Levantamento de dados | 18 |
| 4.2.2 Organização da base cartográfica | 18 |
| 4.2.3 Ferramenta de classificação de orientação por objeto | 19 |
| 4.2.4 Problemas com a delimitação dos bairros do município | 19 |
| 4.2.5 Cálculo da Porcentagem de Cobertura Vegetal (CV) | 22 |
| 4.2.6 Delimitação das Áreas Verdes (AV) | 22 |
| 4.2.7 Cálculo do Índice de Áreas Verdes (IAV) | 25 |
| 4.2.8 Cálculo do Verde Urbano de Limeira | 26 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 27 |
| 5.1 Densidade Populacional e zoneamento | 27 |
| 5.2 Cobertura Vegetal | 30 |
| 5.3 Índice de Áreas Verdes | 36 |
| 5.4 Mapa do Verde Urbano de Limeira | 41 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 46 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 47 |

1. INTRODUÇÃO

As cidades possuem caráter fundamental na construção dos espaços de uma nação, que extrapola seus limites físicos e contribui de forma desproporcional no processo de formação das sociedades, representando centros de efervescência cultural, desenvolvimento social e tecnológico, e atuando como centros de disseminação de inovações e polos concentradores de riquezas.

Por exemplo, em 2002, 40% do PIB tailandês foi proveniente de Bangcoc, que conta com somente 12% da população do país. Cidades de países em desenvolvimento contribuem com valores que variam de 50% até 80% do PIB de suas nações, e suas taxas de mortalidade infantil também apresentam queda, devido à maior facilidade de acesso à infraestrutura de saúde (UN-HABITAT, 1996; UN-HABITAT, 2001; PNUMA, 2002. *Apud* MOORE; GOULD; KEARY, 2003). Adentrando o tema educacional e de disseminação de inovações, o Ranking Universitário Folha (Folha de São Paulo, 2018) avalia as seguintes universidades brasileiras como as 5 melhores do país, nesta ordem: USP, UFRJ, UFMG, UNICAMP e UFRGS, todas presentes em capitais de Estados e demais centros urbanos de proeminência em suas respectivas regiões.

Em contrapartida, as características mais proeminentes da construção dos espaços urbanos são a supressão vegetal e a impermeabilização do solo (ANGEOLETTO *et al.*, 2017). Aliados a isso, Moore, Gould e Keary (2003) nos apresentam um panorama sobre a gama de problemas de saúde enfrentados nos ambientes urbanos no mundo:

- ✓ Ocupação desordenada de áreas de margens, decorrente de expansão urbana rápida e não-planejada;
- ✓ Pressão sobre recursos hídricos locais e infraestruturas de distribuição de água e esgotamento sanitário, podendo exceder à capacidade de estações de tratamento existentes;
- ✓ Coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos inadequada, gerando também pressão por localidades válidas para construção de aterros, limitando ainda mais o espaço urbano disponível. Métodos alternativos de destinação final, como incineração, reduzem a pressão sobre o espaço mas aumentam-na sobre a qualidade do ar (SMITH, 2000)
- ✓ Acréscimo da poluição do ar e doenças relacionadas, proveniente de fontes internas e externas. Fontes externas são, majoritariamente, veiculares e de zonas industriais. Fontes internas traduzem-se como a queima de combustíveis dentro de domicílios, como carvão, madeira e querosene;

- ✓ Aglomeração urbana exacerbada, tendo como exemplo casos de diversas famílias dividindo espaços limitados por não poderem arcar com os custos de moradias maiores. Tal ajuntamento também favorece a transmissão de doenças por via oral e respiratória. Além disso, maiores ajuntamentos humanos com privacidade limitada também contribuem às taxas de ferimentos intencionais, tanto de caráter homicida quanto suicida, que também estão ligados a uma deterioração geral na saúde mental de populações em alto nível de aglomeração (KRIEGER; HIGGINS, 2002)

Deste modo, percebemos que o ambiente urbano oferece, ao mesmo tempo, oportunidades de desenvolvimento econômico, social e tecnológico maiores do que os disponíveis atualmente nas zonas rurais, ao mesmo tempo que impactam de forma grave a saúde de suas populações e sua qualidade ambiental, quando construídas de forma acelerada e desordenada. Não se pode cometer o erro de considerar impactos ambientais urbanos como sendo contidos à sua esfera geográfica, pois uma característica notável de centros urbanos é a proporção entre seus impactos e o espaço físico que realmente ocupam, com estimativas de 0,6% a 5% da superfície terrestre. Seus impactos transcendem sua pequena superfície por serem zonas intensamente dependentes de trocas com demais áreas, afetando todo o globo com seu fluxo de entrada e saída. (ANGEOLETTO, 2012);(FIORINI; SOUZA; MERCANTE, 2013; LIU, 2014; apud ANGEOLETTO *et al.*, 2017).

Desta forma, tornam-se necessárias metodologias de análise da qualidade ambiental das cidades, envolvendo multiplicidade de indicadores, a fim de obter informações claras sobre pontos de maior estresse ambiental em um ambiente urbano, à primeira vista, uniforme e carente de particularidades locais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar de forma quali-quantitativa a qualidade ambiental urbana da malha urbana contínua do município de Limeira – SP, através da sobreposição de dois indicadores distintos: Porcentagem de cobertura vegetal (CV) e Índice de Áreas Verdes (IAV)

2.2 Objetivos específicos

✓ Debater os conceitos de cobertura vegetal e Áreas Verdes Públicas, e seus benefícios no meio urbano.

✓ Análise das Áreas Verdes Públicas e da Cobertura Vegetal de Limeira, através da criação de três mapas:

Mapa de porcentagem de cobertura vegetal de Limeira;

Mapa das Áreas Verdes Públicas de Limeira;

Mapa do Índice de Áreas Verdes Públicas de Limeira.

✓ Sobreposição das informações obtidas no mapa de CV e mapa de IAV do município de forma a elaborar um mapa de Verde Urbano, analisando de forma conjunta os dois indicadores

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Qualidade Ambiental Urbana

De acordo com o Censo de 2010, 84,4% da população brasileira é urbana (GOVERNO FEDERAL, 2011). No mundo, esse percentual decresce, para 54%, ou seja, cerca de 4 bilhões de pessoas, proporção que deverá elevar-se a 68% até 2050 (MCDONNELL; MCGREGOR-FORS, 2016, *apud* ANGEOLETTO *et al.*, 2017).

Ao tratar de qualidade ambiental urbana, necessariamente deve-se correlacioná-la com qualidade de vida, conceito mais amplo, que aglomera dentro de si a variável ambiental num determinado ambiente, conforme Martinelli (2004). A autora destaca ainda três frentes na abordagem da qualidade de vida: a “dimensão ambiental (relacionada ao habitat urbano, infra-estruturas, etc.); a dimensão social e pobreza econômica, relacionada aos níveis de renda.” (MARTINELLI, 2004, p. 25-26)

É importante salientar que os termos qualidade ambiental urbana e qualidade ecológica não são intercambiáveis, sendo um exemplo disto a proliferação de mosquitos induzida pela presença de bromélias, indicando qualidade ecológica mas podendo prejudicar a qualidade ambiental urbana, tornando mais ampla a circulação de possíveis transmissores de doenças (MARTINELLI, 2004).

A qualidade ambiental urbana afeta a qualidade de vida das populações de forma distinta. Há um vínculo muito maior entre meio ambiente e pobreza, onde a falta de infra-estrutura básica, como redes de água e esgoto e coleta de resíduos, afeta diretamente o bem-estar dessas populações (MARTINELLI, 2004). Cabe ressaltar também que as populações de baixa renda muitas vezes são pressionadas a ocupar áreas de maior fragilidade ambiental, acelerando o processo de degradação ambiental urbana e potencializando seu impacto na qualidade de vida da sociedade como um todo, mas de forma acentuada nestes setores.

3.2 Indicadores Ambientais na mensuração de Qualidade Ambiental Urbana

Indicadores são ferramentas úteis por diversas razões. Podem auxiliar no planejamento futuro de uma comunidade, monitorar dados e detectar tendências negativas antes destas se agravarem, fomentar a discussão entre partes com visões díspares e ajudar as organizações humanas a compreender seu lugar na formação da sociedade, de acordo com HART (1999) (*apud* SARMENTO *et al.*, 2000).

O principal obstáculo ao se propor a análise de indicadores em um meio é, primeiramente, a definição destes. Como destaca Martinelli (2004), um dos aspectos mais fundamentais ao se propor um índice é decidir quantos indicadores farão sua composição tomando cuidado para não englobar muitos dados, tornando este índice muito complexo e com pouca aplicabilidade, nem muito poucos, que o tornarão demasiado simplista, reduzindo sua utilidade, tendo como exemplo o IDH, internacionalmente reconhecido e que agrega principalmente três variáveis: renda, educação e longevidade.

3.3 Cobertura vegetal em espaços urbanos

A cobertura vegetal apresenta diversos benefícios no ambiente urbano. Muitos categorizam a presença do verde urbano como um aspecto auxiliar às questões psicológicas humanas, fugindo ao caráter físico das cidades. Porém, tal visão é equivocada e um tanto simplista, visto que a vegetação urbana desempenha importante papel na qualidade ambiental de centros urbanos. (LOMBARDO, 1990; MONTEIRO, 1976; apud NUCCI (2008).

Entre os benefícios diretos da cobertura vegetal urbana, Geiser et al. (1975 e 1976); Di Fidio (1985); Marcus e Detwyler (1972); Douglas (1983); Cavalheiro, 1991; Fellenberg, 1980 (*apud* NUCCI, 2008), a Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2012) e Falcón (2007) nos apresentam alguns de especial relevância:

- ✓ Estabilização de superfícies através de fixação do solo por raízes;
- ✓ Barreiras contra vento e filtração de poluentes aéreos;
- ✓ Equilíbrio do índice de umidade do ar e da temperatura aérea;
- ✓ Proteção da qualidade da água, de nascentes e mananciais e de fauna;
- ✓ Possibilidade de uso na agricultura urbana, gerando alimento, além de quebra na monotonia cromática do meio urbano, auxiliando na saúde mental das populações.
- ✓ Prestação de serviços ecossistêmicos, isto é, as contribuições dos ecossistemas ao bem-estar humano, proporcionados pela cobertura vegetal urbana:
- ✓ Regulação do clima e absorção de radiação solar;
- ✓ Filtro de poeira e armazenamento de CO₂;
- ✓ Resfriamento através de evaporação, barreira de ventos e melhoria geral da qualidade do ar;
- ✓ Interceptação de chuvas;
- ✓ Redução do estresse.

Ainda sobre a questão pluvial, a Secretariat (2012) aponta que uma taxa de 50% a 90% de impermeabilização de superfície urbana pode significar a perda de 40% a 83% de água da chuva devido ao escoamento superficial; em contrapartida há cerca de 13% de perdas em eventos semelhantes, quando ocorrem em áreas vegetadas.

Analisando-se o aspecto psicológico, a presença de cobertura vegetal pode atenuar precursores de violência como irritabilidade, ansiedade, potencializar o relaxamento, reduzindo o estresse, aumentando a sensação de paz e tranquilidade do meio urbano; (SECRETARIAT...,2012); (TIAN *et al.*, 2011, *apud* ANGEOLETTO, 2017).

Angeoletto (2017), destaca que a arborização urbana possui caráter puramente formal. Não há interesse das comunidades no plantio de árvores no ambiente urbano, apenas havendo pressão para o plantio quando os benefícios do mesmo forem expostos e demonstrados como superiores ao incômodo causado por queda de galhos e folhas. Percebe-se então, a importância da educação ambiental como ferramenta de disseminação da relevância da cobertura vegetal urbana.

3.4 Conceito de Áreas Verdes

A conceituação de Áreas Verdes gera muita discussão, tanto pela discordância de sua função no meio urbano quanto pela validade do embasamento técnico que leva a uma definição específica, tornando difícil a tarefa de estabelecer uma linha-guia que evite controvérsia e debate.

Segundo BARGOS (2010), tal quadro é agravado pela utilização intercambiável de diversos termos que se referem a áreas dentro da mancha urbana que desempenham funções além da moradia e/ou comércio, tais como áreas verdes e espaços livres, como pelas características que cada área deve apresentar para ser elencada como tal. Deve haver uma área mínima? Ela pode ter caráter privado ou exclusivamente público? Deve haver um índice de permeabilidade do solo? Qual deve ser o tipo de vegetação (herbácea, arbustiva, arbórea) que recobre o solo para cada classificação?

Cavalheiro e Del Picchia (1992) (*apud* BARGOS, 2010), definem espaços livres como espaços que “desempenham basicamente papel ecológico, no amplo sentido, de integrador de espaços diferentes, baseando-se tanto no enfoque estético, como ecológico e de oferta de áreas para o desempenho de lazer ao ar livre” (p. 31). Desta forma, áreas verdes seriam uma subcategoria de espaços livres.

Tampouco apresenta consenso a questão do porte vegetal presente na área Temos

[...]Toledo e Santos (2008), que consideram que as áreas verdes têm papel fundamental na qualidade de vida da população e são espaços destinados à preservação ou implantação de vegetação ou ao lazer público; e para Hardt (1994) (*apud* HULSMEYER e SOUZA, 2007), que considera que as áreas verdes devem ser áreas livres na cidade e que

apresentam características predominantemente naturais, independentemente do porte da vegetação. Os primeiros autores não esclarecem se as áreas verdes, quando destinadas ao lazer público, devem ser constituídas predominantemente por vegetação. Já os segundos consideram como tal quaisquer áreas que apresente vegetação, sendo independente o porte. (BARGOS, 2010, p. 25-26)

Em contraponto, Moreiro *et al.* (2007) (*apud* BARGOS, 2010), defendem que áreas verdes devem apresentar predominância arbórea.

As áreas verdes justificam sua existência e manutenção pelo pressuposto de seu auxílio na qualidade de vida das populações urbanas. De acordo com BARGOS (2010),

Diversos autores, dentre eles Cavalheiro e Del Picchia (1992), Lima *et al.* (1994), Oliveira (1996), Nucci (2001), Vieira (2004), Toledo e Santos (2008), citam vários benefícios que as áreas verdes podem trazer ao homem nas cidades, como: controle da poluição do ar e acústica, aumento do conforto ambiental, estabilização de superfícies por meio da fixação do solo pelas raízes das plantas, interceptação das águas da chuva no subsolo reduzindo o escoamento superficial, abrigo à fauna, equilíbrio do índice de umidade no ar, proteção das nascentes e dos mananciais, organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas, valorização visual e ornamental do ambiente, recreação, diversificação da paisagem construída. (BARGOS, 2010, p. 30-31)

Dessa forma, uma rede de áreas verdes, e, de forma mais ampla, espaços livres de usos variados, se mostra necessária para um ambiente sadio à ocupação humana, beneficiando inclusive a valorização econômica de áreas e formação de uma identidade cultural comum através da exaltação do patrimônio ambiental e cultural da cidade.

Sobre a presença de edificações em áreas verdes para justificar seu valor recreativo, essas não devem necessariamente ser voltadas ao lazer e recreação, mas devem contar com infraestrutura para tal, e a pequenas distâncias das habitações, possíveis de serem percorridas a pé, segundo Mazzei *et al.* (2007). Desta forma, estariam excluídos os espaços de integração viária, canteiros centrais, jardins centrais de rotatórias e demais espaços que não contam com estrutura de lazer e recreação.

A definição da cobertura de solo necessária para categorizar uma área verde como tal também é motivo de debate. BARGOS (2010, p. 28) tenta elucidar a questão apresentando as seguintes definições:

Em 1999, Cavalheiro *et al.* (p. 7) recomendaram em um Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) que a “vegetação e solo permeável (sem laje) devem ocupar, pelo menos, 70% da área total de uma área verde”. Guzzo (2006, p. 21) ressaltou que as áreas verdes são “um tipo especial de espaço livre urbano onde os elementos fundamentais de composição são a vegetação e o solo livre de

impermeabilização” e que essas áreas devem ser constituídas por “pelo menos 70% do seu espaço por áreas vegetadas com solo permeável”. (BARGOS, 2010, p. 28)

Porém, esta porcentagem (70%) não é clara no que se refere à metodologia adotada. Se deve-se considerar vegetação juntamente ao solo permeável ou vegetação recoberto solo permeável, e como tal índice foi obtido. Não obstante, tal índice numérico ainda é reproduzido e contribuiu para a pesquisa na área, contudo são necessários estudos que aprimorem e deem maior embasamento à recomendação. (BARGOS, 2010).

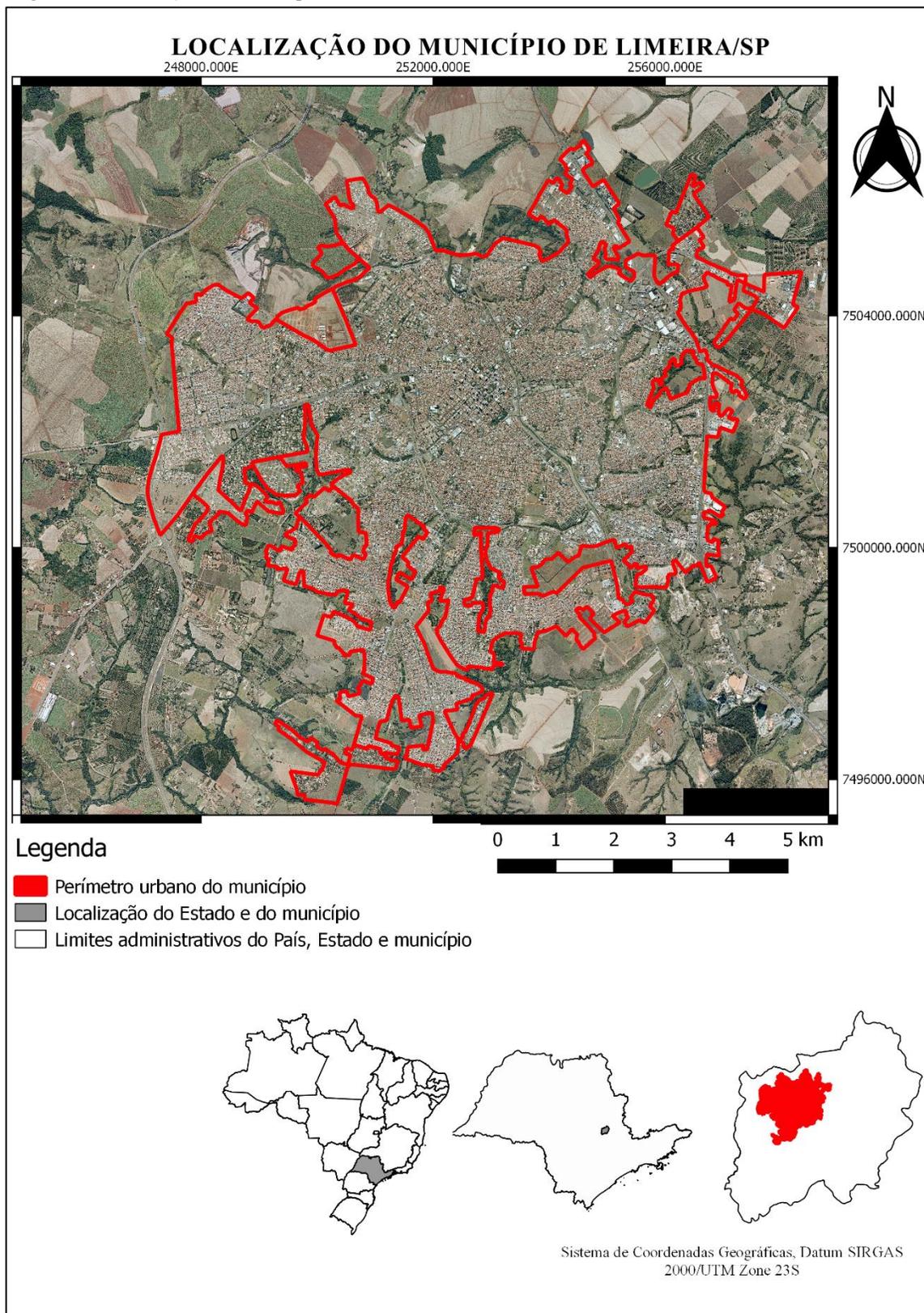
4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo escolhida foi a malha urbana contínua do município de Limeira, no Estado de São Paulo. Ele pertence à região administrativa de Campinas, localizando-se a 147 km de distância da capital São Paulo e 54 km de Campinas. A área total do município é de 580,71 km² e a população foi estimada em 292.487 habitantes, portanto, a densidade demográfica era de 503,7 hab/km², com um grau de urbanização de 97,57%. (SEADE, 2018)

Abaixo, segue mapa da localização do município.

Figura 1 - Localização do município de Limeira



Fonte: IBGE, 2010; EMLASA, 2010/2011. Elaboração: Autor

4.2 Metodologia

4.2.1 Levantamento de dados

Inicialmente, levantou-se a bibliografia pertinente aos temas de Meio Ambiente Urbano, Qualidade Ambiental Urbana e Indicadores Ambientais, dentre outros relevantes ao trabalho. Buscou-se no repositório da UNESP, em fontes internacionais que também tratam do tema e em fontes de outras instituições brasileiras, a fim de compor uma base bibliográfica variada.

4.2.2 Organização da base cartográfica

O *software* utilizado nas etapas de geoprocessamento do trabalho foi o *QGIS v. 2.18.24*. Gratuito e de código aberto, o qual maior disseminação de uso, características que propiciam ao usuário ampla gama de material de apoio *online* no desenvolvimento de projetos. Os dados sobre os setores censitários (delimitação geográfica e população, dados do IBGE de 2010) e limites da malha urbana do Município de Limeira foram obtidos através do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e as três Ortofotos em escala 1:25.000 que cobriam a totalidade da malha urbana do município foram fornecidas pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – EMPLASA, através da cessão sem ônus de produtos cartográficos para fins acadêmicos. O projeto foi desenvolvido no sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), adotando-se o Datum SIRGAS 2000/UTM Zone 23S.

Inicialmente foi padronizada a projeção de todos os produtos cartográficos utilizados, visto que as bases de dados do IBGE e as ortofotos da EMPLASA estavam em Datums distintos, o que impedia sua manipulação conjunta.

A partir desta adequação, delimitou-se a área de interesse, a área consolidada do perímetro urbano do Município de Limeira, desconsiderando-se as zonas de expansão urbana localizadas em meio à zona rural. Na seção de resultados constará o mapa com a densidade populacional dos setores do município para análise.

4.2.3 Ferramenta de classificação de orientação por objeto

Na elaboração do mapa da porcentagem de Cobertura Vegetal, fez-se uso do complemento “*dzetsaka*”. Esta é uma ferramenta de classificação de orientação por objeto, que funciona da seguinte forma:

Primeiramente, foi criada uma camada vetorial para a coleta de amostras da vegetação. Estes polígonos de amostra foram vetorizados de modo manual através da fotointerpretação da Ortofoto.

Então, são adicionados ao classificador a camada *Raster* que será classificada, a camada vetorial com as amostras e um caminho de armazenamento do arquivo de resultado, que será uma nova camada *Raster* dividida de acordo com a classificação fornecida.

Para o presente trabalho, os polígonos de amostragem foram divididos entre “1” para amostras de cobertura vegetal arbórea e “2” para amostras de ausência da mesma. Portanto, a camada *Raster* de retorno foi dividida de forma binária, em duas cores, representando ausência e presença de cobertura vegetal.

Deve-se salientar que tal método não é livre de erros de interpretação do software, que são inevitáveis em situações de áreas diferentes com valores espectrais semelhantes (A tonalidade verde da copa de uma árvore e de uma lagoa em processo avançado de eutrofização, por exemplo). O complemento precisa ser ativado algumas vezes, com cada iteração contando com mais amostras a fim de auxiliar melhores resultados do classificador. Eventualmente, atinge-se um ponto onde a adição de novas feições provoca alterações mínimas na classificação, portanto, deve-se levar em conta o erro inerente a processos automáticos, contraponto à facilidade de seu uso e capacidade de permitir ao usuário lidar com grandes extensões de forma relativamente simples e rápida.

4.2.4 Problemas com a delimitação dos bairros do município

De início, tencionou-se analisar o índice de áreas verdes no contexto dos bairros do município de Limeira, pois a influência das áreas verdes muitas vezes pode extrapolar seu entorno imediato, tornando sua análise, através das áreas reduzidas dos setores censitários, deficitária. Porém, a base de dados onde constava os setores censitários e a população de cada um, não continha a divisão do município em bairros.

Este problema foi contornado utilizando-se uma divisão de bairros obtida de Santos (2019), que continha irregularidades, em relação à divisão disponível, em setores censitários. O problema foi contornado da seguinte forma: Utilizando a imagem disponível da divisão de bairros, as feições dos setores censitários foram unidas sobrepondo-se o máximo possível à forma dos bairros. Nas áreas onde não havia delimitação de bairros para embasar a união, as feições foram unidas em tamanho similar às uniões vizinhas, dando caráter de continuidade ao produto final. Após trabalhar os dados desta maneira, obteve-se a divisão do município de Limeira em bairros aproximados, mimetizando da melhor forma possível os bairros reais. Tal técnica foi adotada também em razão dos dados de população, essenciais para o trabalho, estarem atrelados às feições dos setores censitários. Se fosse utilizada a base de dados contendo somente os bairros, não haveria um modo de distribuir a população pelos mesmos, tornando, neste caso específico, a fidelidade absoluta prejudicial ao desenvolvimento do tema.

Portanto, ao longo do desenvolvimento da pesquisa, tais divisões foram indicadas como “zonas”, pois atribuir o nome “bairro” ou “setor” a elas poderia gerar confusão e interpretação inadequada dos dados obtidos.

Quando necessário, foram atribuídos nomes de bairros do município ao se debater resultados sobre grupos de zonas (indicar onde há maior concentração de áreas verdes, por exemplo) com informações obtidas do *website Google Maps*, da empresa Google, pois indicar zonas de interesse com termos como “a Leste das zonas centrais” ou “na fronteira Norte da malha urbana” poderia dificultar o entendimento sobre qual área estava sendo analisada.

Seguem imagens parciais das camadas vetoriais de setores censitários (acima), a delimitação disponível dos bairros (ao centro) e a junção manual de feições nas zonas utilizadas na pesquisa (abaixo) (Figura 2).

Figura 2 – Amostra do zoneamento do município de Limeira – SP realizado para a pesquisa.



Fontes: IBGE, 2010; Santos, 2019. Elaboração da camada de zonas: Autor.

4.2.5 Cálculo da Porcentagem de Cobertura Vegetal (CV)

O resultado da classificação automática foi uma camada *Raster* composta por duas cores, referentes a presença ou ausência de cobertura vegetal arbórea. Desta forma, fez-se uso da ferramenta “Estatísticas Zonais” disponível no *software*, que cria colunas em uma camada vetorial de interesse (no caso, a camada vetorial das zonas) com base nas informações espectrais de uma camada *Raster*.

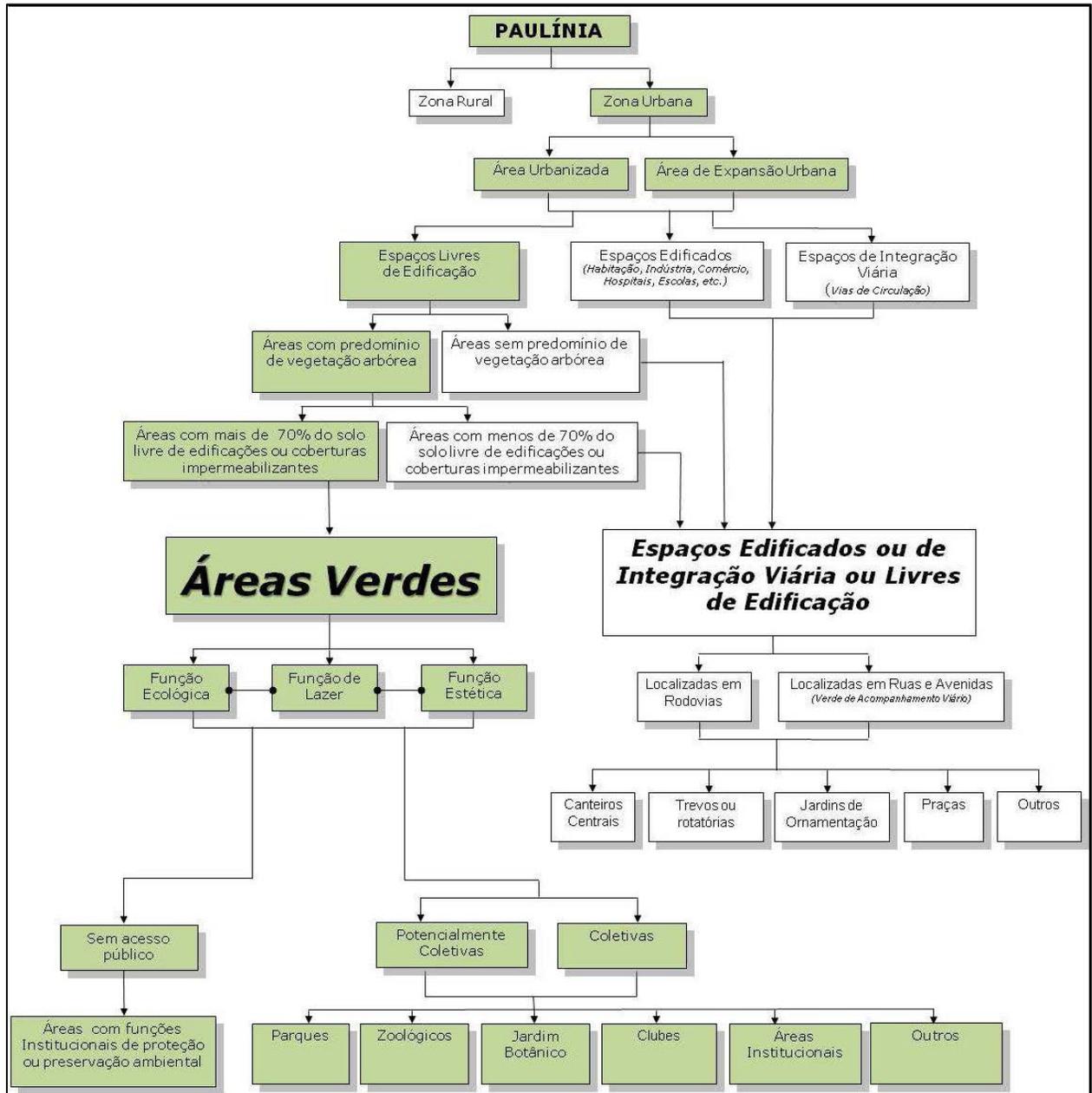
Desta forma, adicionou-se à camada das zonas, dentre outras, uma coluna com a média dos valores de pixel da camada *Raster*. No caso, como ela era dividida em apenas duas cores, onde “1” representava presença completa de cobertura vegetal arbórea e “2” representava sua ausência completa; esta média resultava num número real entre 1 e 2, representando a porcentagem de cobertura vegetal em cada zona, onde sua proximidade com cada limite do intervalo indicava a cobertura vegetal da zona. Se a média fosse “1,7”, isto indicava 70% de ausência de cobertura, por exemplo. O resultado obtido foi a mensuração da porcentagem de cobertura vegetal em cada uma das zonas do município de Limeira, incluindo arborização viária, em espaços privados, em áreas de proteção e quaisquer outras localidades de cobertura vegetal arbórea na malha urbana do município.

4.2.6 Delimitação das Áreas Verdes (AV)

A delimitação das áreas verdes públicas se deu por meio da vetorização dos setores com vegetação, através da fotointerpretação de Ortofotos de 2010/2011. A observação se deu em cada setor censitário, criando-se polígonos correspondentes a cada área verde em uma camada vetorial própria no *software* de geoprocessamento.

Os critérios utilizados para a delimitação de uma área verde foram adaptados de Bargas (2010), com algumas modificações. Abaixo, segue o esquema adotado como base para definição dos critérios da pesquisa:

Figura 3 – Esquema de delimitação de Áreas Verdes



Fonte: Bargos (2010)

A partir destas diretrizes, delimitaram-se os parâmetros para definição das áreas verdes nesta pesquisa, que seguem:

1) Caráter público

- A área deve ser de acesso público, não podendo estar localizada em terrenos privados, restrição de grupos selecionados de pessoas ou cobrança de taxa de entrada. Áreas públicas com limites de horário de acesso ou particularidades como proibição de trânsito de bicicletas, tais como parques municipais, não são excluídas por este critério, visto que ainda possuem caráter público e de livre acesso.

2) Caráter de recreação

Deve haver infraestrutura de recreação no espaço, incluindo mas não se restringindo a: passeio, repouso, recreação infantil e prática esportiva. Ficam assim excluídas do critério áreas de vegetação sem barreiras de acesso mas que não foram destinadas pelo poder público a prover momentos de lazer, o que poderia aumentar o número de áreas verdes públicas ao englobar espaços que não receberam atenção ou planejamento para prover serviços de lazer à população.

3) Apresentar função ecológica, analisada da seguinte forma:

Impermeabilização ou edificação de, no máximo, 30% da área total. Por observação das Ortofotos e quando necessário checagens na ferramenta *Google Street View*, excluam-se da seleção todas as áreas com menos de 70% da superfície livre de impermeabilização ou edificação.

Áreas com estas características têm sua função ecológica prejudicada ao não prover benefícios ambientais como:

- ✓ Pontos de infiltração da água no solo;
- ✓ Crescimento de vegetação rasteira, que acrescenta no sombreamento do solo, preservando seu equilíbrio térmico e potencial de ponto diversidade de fauna;
- ✓ Presença de estratos superiores de habitat representados por copas de árvores.

Em áreas onde havia dúvida sobre a cobertura do solo, que apresentavam árvores jovens ou terrenos desprovidos de cobertura vegetal arbórea, complementaram-se as análises através da ferramenta de observação de solo *Google Street View*, que dispunha de imagens mais recentes

(variando entre 2016 e 2018), permitindo a observação da evolução da composição do terreno. Desta forma, o mapa de área verde foi produzido e suas respectivas áreas calculadas.

4.2.7 Cálculo do Índice de Áreas Verdes (IAV)

Após a delimitação das zonas, foi realizada a quebra das áreas verdes cuja feição extrapolava o limite de bairros. Assim, áreas foram divididas em duas ou mais de forma que o índice pudesse ser calculado para cada zona com precisão. Após isso, ocorreu o processo inverso, ou seja, a união de feições que se encontravam nas mesmas zonas, pois o valor de interesse ao projeto era a soma da área, em m², das áreas verdes dentro de uma mesma zona.

Após esta etapa, realizou-se o cálculo do IAV, pela fórmula:

$$\frac{AV}{P}$$

Equação 1 - IAV

Onde:

AV: Área Verde total da zona, em m²;

P: População da zona.

Assim, foi obtido o Índice de Áreas Verdes, isto é, a área verde por habitante em cada zona da malha urbana contínua do município de Limeira.

Importante salientar que, para o estabelecimento do número de classes de todas as classificações temáticas realizadas nesta pesquisa, foi utilizado o método de Sturges, representado pela fórmula:

$$1 + \log(N) * 3,3$$

Equação 2: Método de Sturges

Onde “N” é o número de itens que se deseja classificar, como zonas ou setores censitários, por exemplo. Todos os valores obtidos foram arredondados para o próximo número inteiro.

No caso do IAV, devido a um grande número de zonas com valor “0” de IAV (136 de 180), realizou-se uma ligeira alteração no método, aplicando a fórmula com $N = 44$, sendo 44 o número de feições com valor de IAV maior do que zero. Neste caso, o método permitiu delimitar 7 classes, porém, uma oitava foi adicionada, contendo todas as feições com valor zero de IAV.

4.2.8 Cálculo do Verde Urbano de Limeira

Para o cálculo do verde urbano do município através da junção dos indicadores de percentagem de CV e IAV, o seguinte método foi utilizado:

Cálculo da mediana, isto é, do valor que separa o conjunto de dados em duas metades iguais, uma superior e outra inferior, dos valores de percentagem de CV e de IAV, respectivamente. As zonas que estiverem na metade superior da mediana de ambos os indicadores, foram catalogadas como possuindo presença de verde urbano boa. As zonas que atingiram a metade superior em um indicador mas inferior no outro, receberam a classificação de verde urbano médio. As zonas abaixo da mediana em ambos indicadores foram catalogadas como de verde urbano ruim. Então, estabeleceram-se quatro classes de verde urbano:

-Classe 1: Zonas onde a percentagem de cobertura vegetal e o índice de áreas verdes se encontraram acima da mediana do município;

-Classe 2: Zonas onde o IAV se encontrava acima, mas a percentagem de cobertura vegetal abaixo da mediana;

-Classe 3: Zonas onde a cobertura vegetal estava acima da mediana mas o índice de áreas verdes se encontrava abaixo da mediana;

-Classe 4: Zonas onde ambos indicadores se localizaram abaixo da mediana do município.

Devido ao grande número de zonas com IAV zero, a mediana deste indicador foi calculada considerando-se somente as zonas com índices superiores a zero, ou 59 do total de 180. Caso fossem utilizadas todas as zonas, a mediana resultante seria zero, gerando um dado sem informação

real, pois, além de existirem valores de 0 acima da mediana, tornando a classificação confusa, todas as zonas com áreas verdes também estariam automaticamente acima dela, não permitindo hierarquização das zonas e eliminando qualquer significância do dado resultante.

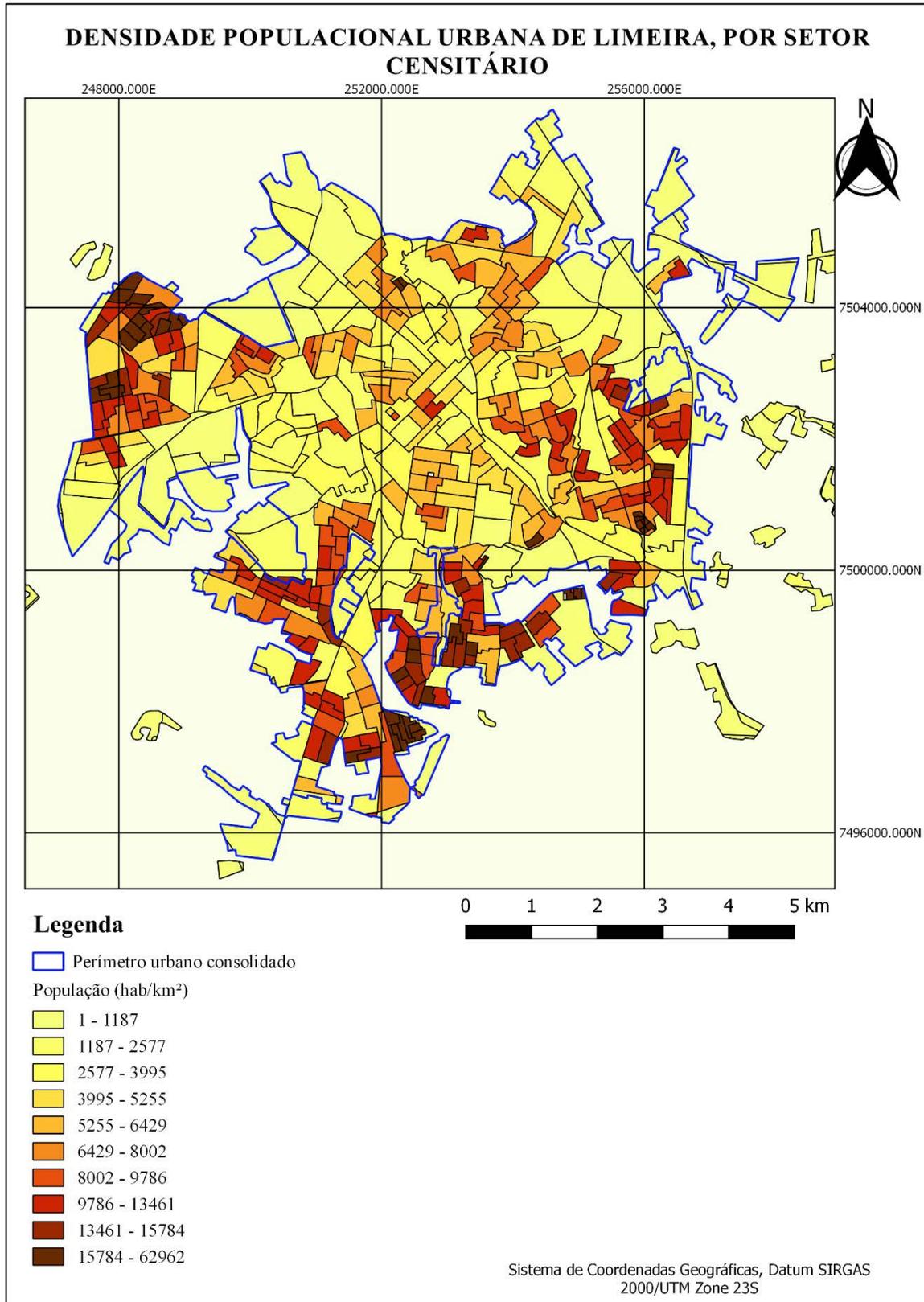
É importantíssimo ressaltar o caráter qualitativo e local desta análise, considerando apenas o ambiente das zonas em comparação ao ambiente encontrado no restante da malha urbana do município. Os números resultantes desta análise não devem ser tomados como indicadores de presença de verde urbano boa ou ruim por si, mas apenas dentro do contexto que ocupam. Tenciona-se, com esta análise, ir além de categorizar todas as zonas do município como “boas” ou “ruins” frente somente aos indicadores estabelecidos na academia, visualizar diferenças locais na qualidade ambiental do município no que se refere à presença da vegetação, que não seriam observáveis analisando-se apenas os indicadores estabelecidos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Densidade Populacional e zoneamento

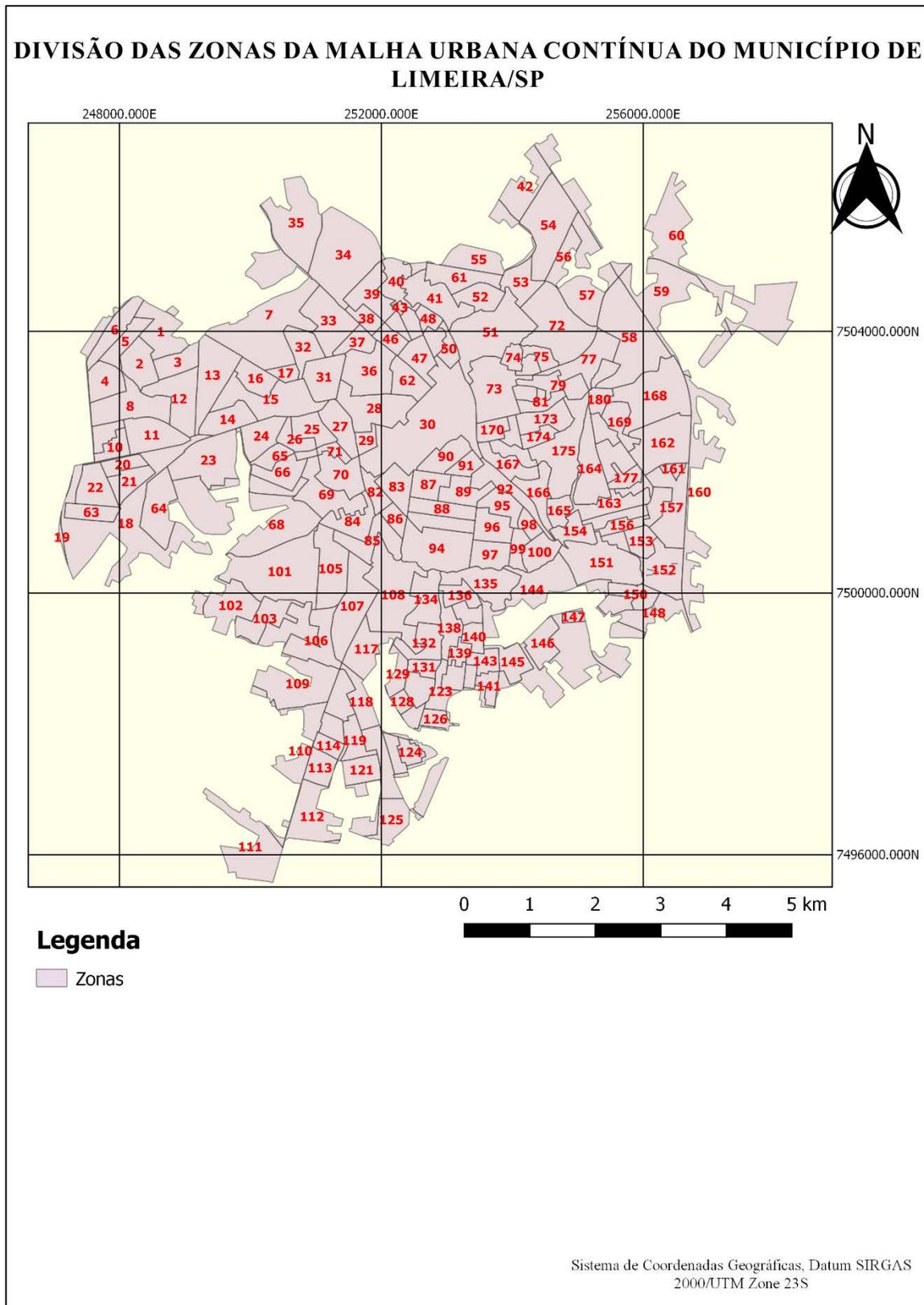
Conforme delimitado na seção 4.2, seguem os mapas da densidade populacional de Limeira e do zonamento artificial da mesma (Figuras 4 e 5). Devido à maior densidade populacional localizada na zona urbana consolidada, decidiu-se que uma análise desta área devolveria informações mais consistentes sobre a Qualidade Ambiental Urbana do município, visto também que habitações na zona de expansão urbana possuem maior presença de vegetação no entorno por se tratarem de zonas de ocupação recente ou minoritária.

Figura 4 - Densidade populacional urbana de Limeira/SP, por setor censitário



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autor.

Figura 5 – Divisão das zonas de Limeira/SP



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autor.

5.2 Cobertura Vegetal

Através da análise da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira, , identificou-se o seguinte cenário:

- ✓ De todas as 180 zonas de Limeira apenas uma demonstrou porcentagem de cobertura vegetal arbórea igual ou superior a 30% da área total, no caso, 31%; e,
- ✓ 38 zonas exibiram cobertura igual ou inferior a 5%, caracterizando desertos urbanos;

De acordo com Nucci (2008),

Oke (1973 *apud* Lombardo, 1985), considera um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% como sendo o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com um índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes às de um deserto.

De acordo com todos os benefícios que a vegetação pode trazer ao ser humano, conclui-se que em lugares sem ou com baixa quantidade de vegetação (abaixo de 5%) a qualidade ambiental é bem inferior à desejável. Todavia, não se pode afirmar que em lugares com mais de 5% com cobertura vegetal a qualidade ambiental é aceitável. Nesse caso deve-se considerar conjuntamente todas as outras variáveis (NUCCI, 2008, p. 106)

Vale ressaltar que os intervalos das classes desta carta foram sujeitos à distribuição de “quantis” disponível no classificador do *software*, isto é, onde a prioridade é distribuir as zonas em número igual por todas as classes, ao invés de determinar a mesma amplitude ao longo de todas elas.

Assim, podemos inferir que, dentro do indicador “Cobertura Vegetal”, a qualidade ambiental urbana de Limeira se apresenta baixa, com apenas uma zona apresentando a cobertura mínima recomendável, e 20% das zonas apresentando cobertura suficientemente baixa para caracterizar ambiente urbano semelhante a um deserto. A única zona acima do recomendável é composta, em sua maior parte, de áreas não ocupadas, com uma pequena faixa residencial que segue o mesmo padrão observado nas áreas residenciais do município, ou seja, intensa ocupação, com baixa verticalização e arborização urbana, gerando um ambiente exageradamente artificializado.

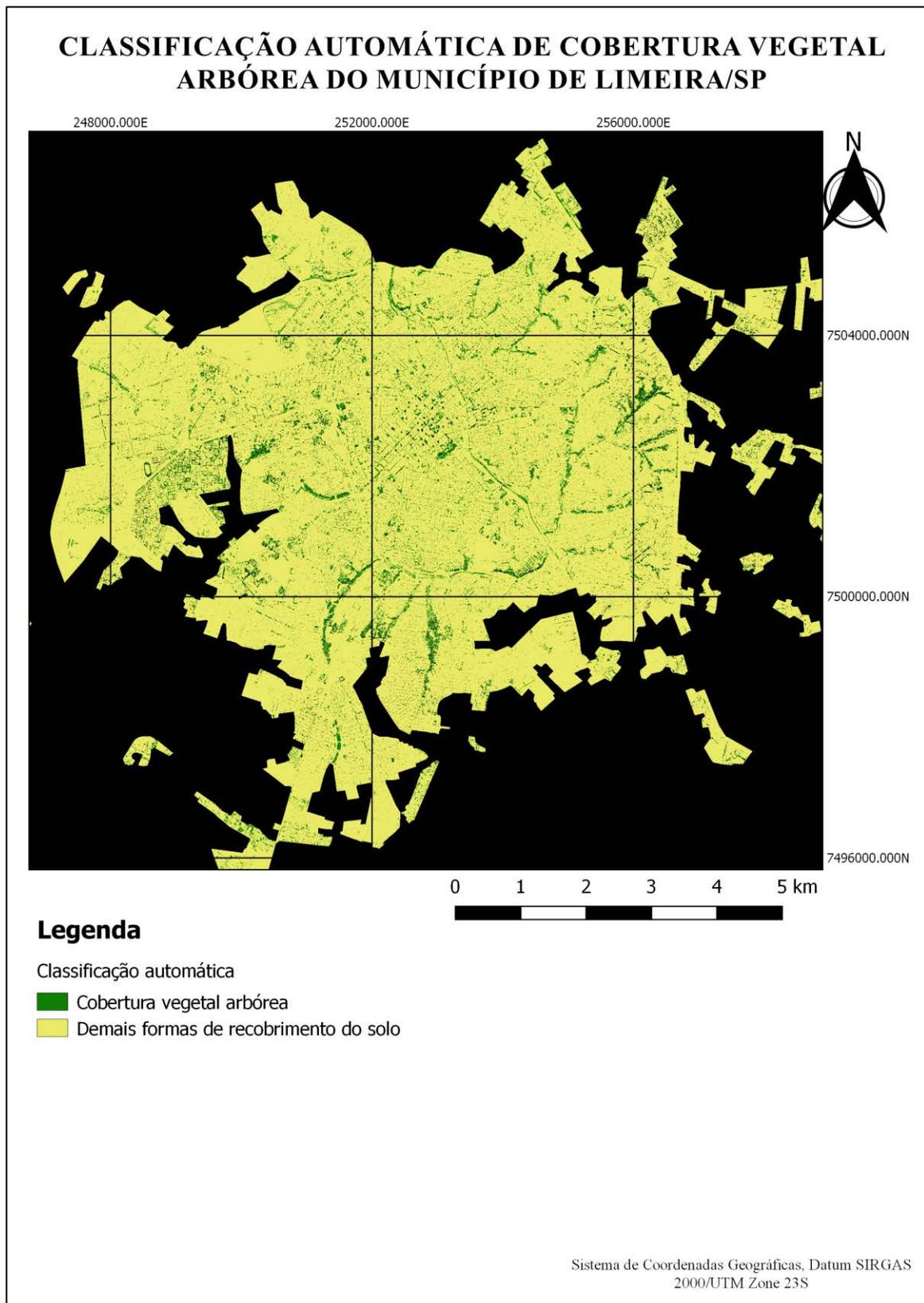
A porcentagem de cobertura vegetal do município em sua totalidade foi de 9% de toda a malha urbana contínua. Embora fique acima do percentual exigido para considerá-lo um deserto,

encontra-se muito aquém do recomendável para propiciar ambiente sadio à população, ressaltando numa qualidade ambiental urbana ruim que não necessariamente está associada com alto grau de urbanização e densidade de ocupação.

As zonas com maior cobertura vegetal se localizam nas bordas da malha urbana, em torno dos eixos Leste, Oeste e Sul, com uma notável exceção no centro da cidade. A zona central possui a particularidade de abrigar um dos parques municipais, que ocupa a maior parte da extensão da zona. Portanto, é uma porcentagem de CV artificialmente favorável, vista que só leva em consideração uma pequena faixa construída no entorno do parque. As zonas com cobertura vegetal mais deteriorada são referentes a áreas residenciais também nas bordas da malha urbana, que demonstram ocupação recente e arborização incipiente, com árvores jovens que apresentam tamanho de copa reduzido, prejudicando os índices de cobertura vegetal arbórea nestas localidades.

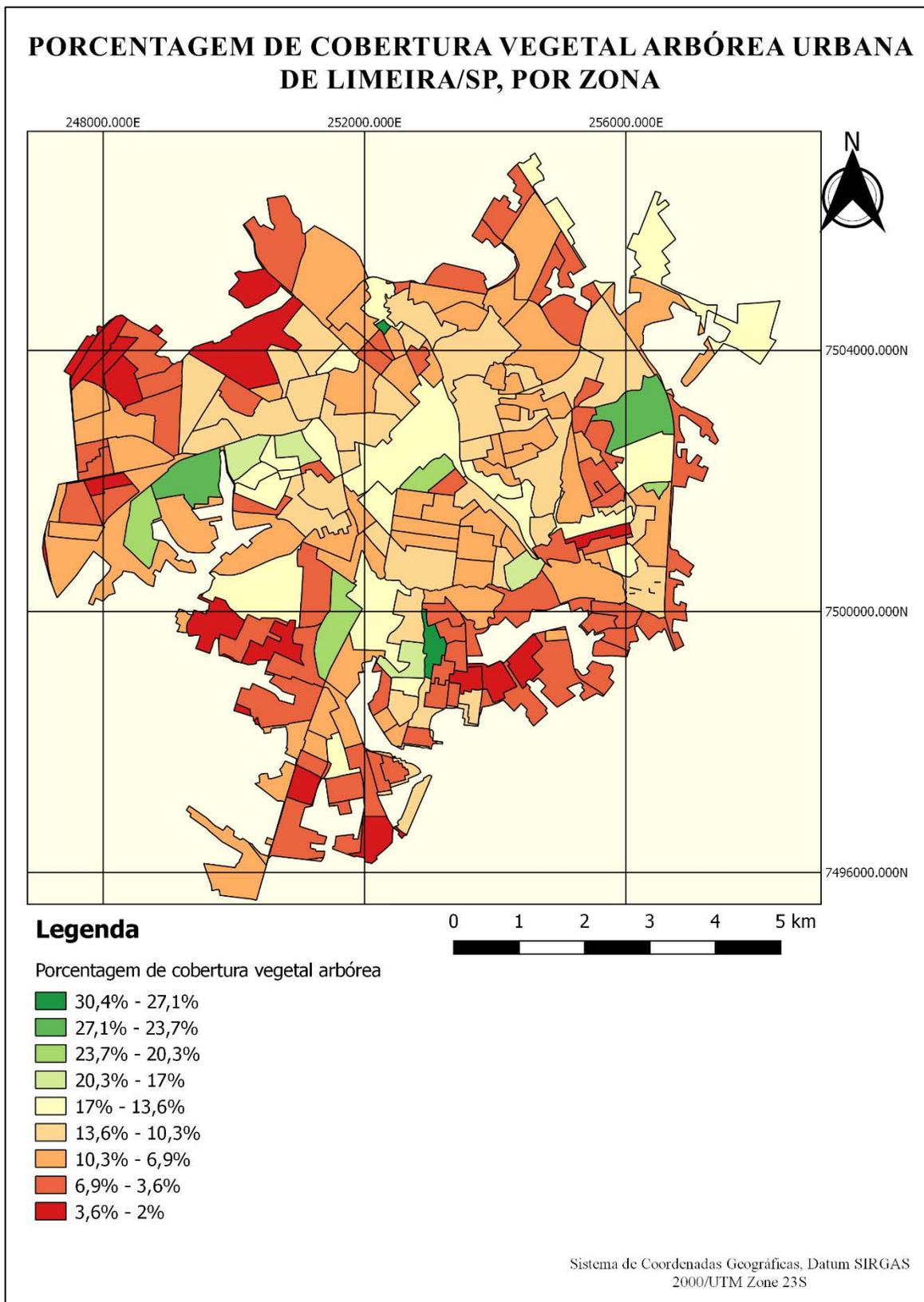
Seguem o mapa com os resultados do classificador automático (Figura 6), a carta de cobertura vegetal arbórea de Limeira com os resultados obtidos (Figura 7) e as tabelas com os valores de cobertura vegetal obtidos, por zona (Figuras 8 e 9). Importante ressaltar novamente o que significam os números na coluna “% CV”: O número 1 representa 100% de presença de cobertura vegetal arbórea, sendo sua ausência total representada pelo número 2. Desta forma, quanto mais próximo de um extremo, maior a porcentagem de cobertura do solo representada por aquele extremo.

Figura 6 - Mapa da classificação automática de cobertura vegetal arbórea de Limeira



Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

Figura 7 - Mapa da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira.



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autor

Figura 8 – Dados da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira (1)

| Zona | % CV |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 138 | 1.696 | 65 | 1.854 | 84 | 1.909 | 84 | 1.909 | 171 | 1.923 |
| 43 | 1.715 | 26 | 1.855 | 50 | 1.910 | 50 | 1.910 | 4 | 1.923 |
| 23 | 1.730 | 60 | 1.859 | 95 | 1.910 | 95 | 1.910 | 174 | 1.923 |
| 168 | 1.755 | 101 | 1.862 | 34 | 1.911 | 34 | 1.911 | 68 | 1.924 |
| 107 | 1.765 | 66 | 1.863 | 110 | 1.911 | 110 | 1.911 | 87 | 1.924 |
| 90 | 1.774 | 69 | 1.865 | 157 | 1.911 | 157 | 1.911 | 93 | 1.924 |
| 64 | 1.775 | 13 | 1.865 | 118 | 1.913 | 118 | 1.913 | 17 | 1.926 |
| 161 | 1.796 | 175 | 1.865 | 11 | 1.914 | 11 | 1.914 | 54 | 1.926 |
| 24 | 1.807 | 123 | 1.866 | 18 | 1.917 | 18 | 1.917 | 151 | 1.926 |
| 25 | 1.815 | 29 | 1.868 | 179 | 1.917 | 179 | 1.917 | 44 | 1.927 |
| 100 | 1.820 | 48 | 1.868 | 53 | 1.917 | 53 | 1.917 | 172 | 1.928 |
| 132 | 1.828 | 152 | 1.868 | 72 | 1.917 | 72 | 1.917 | 61 | 1.929 |
| 108 | 1.831 | 73 | 1.869 | 85 | 1.917 | 85 | 1.917 | 128 | 1.929 |
| 166 | 1.837 | 77 | 1.870 | 89 | 1.917 | 89 | 1.917 | 147 | 1.929 |
| 163 | 1.839 | 86 | 1.873 | 88 | 1.918 | 88 | 1.918 | 173 | 1.929 |
| 119 | 1.842 | 51 | 1.873 | 135 | 1.918 | 135 | 1.918 | 76 | 1.930 |
| 162 | 1.842 | 99 | 1.874 | 164 | 1.918 | 164 | 1.918 | 79 | 1.930 |
| 131 | 1.843 | 58 | 1.874 | 116 | 1.919 | 116 | 1.919 | 105 | 1.932 |
| 83 | 1.844 | 170 | 1.874 | 159 | 1.920 | 159 | 1.920 | 169 | 1.932 |
| 27 | 1.845 | 81 | 1.876 | 127 | 1.920 | 127 | 1.920 | 91 | 1.933 |
| 30 | 1.846 | 41 | 1.877 | 80 | 1.921 | 80 | 1.921 | 56 | 1.935 |
| 153 | 1.847 | 92 | 1.877 | 97 | 1.921 | 97 | 1.921 | 71 | 1.936 |
| 167 | 1.848 | 15 | 1.882 | 8 | 1.921 | 8 | 1.921 | 16 | 1.936 |
| 37 | 1.849 | 62 | 1.882 | 39 | 1.922 | 39 | 1.922 | 154 | 1.936 |
| 40 | 1.850 | 75 | 1.884 | 117 | 1.922 | 117 | 1.922 | 45 | 1.937 |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

Figura 9 – Dados da porcentagem de cobertura vegetal arbórea de Limeira (2)

| Zona | % CV | Zona | % CV | | |
|------|-------|------|-------|-----|-------|
| 148 | 1.937 | 103 | 1.958 | 102 | 1.980 |
| 10 | 1.937 | 121 | 1.958 | 125 | 1.982 |
| 136 | 1.938 | 1 | 1.959 | 146 | 1.982 |
| 160 | 1.939 | 142 | 1.959 | 6 | 1.986 |
| 42 | 1.941 | 150 | 1.959 | 19 | 1.998 |
| 114 | 1.941 | 109 | 1.960 | | |
| 126 | 1.942 | 177 | 1.960 | | |
| 55 | 1.943 | 35 | 1.961 | | |
| 112 | 1.944 | 122 | 1.961 | | |
| 12 | 1.945 | 129 | 1.961 | | |
| 46 | 1.945 | 3 | 1.963 | | |
| 124 | 1.945 | 133 | 1.963 | | |
| 49 | 1.946 | 149 | 1.963 | | |
| 144 | 1.949 | 178 | 1.963 | | |
| 57 | 1.949 | 78 | 1.964 | | |
| 9 | 1.949 | 137 | 1.964 | | |
| 21 | 1.950 | 5 | 1.965 | | |
| 156 | 1.951 | 155 | 1.965 | | |
| 22 | 1.952 | 2 | 1.966 | | |
| 140 | 1.952 | 20 | 1.971 | | |
| 120 | 1.953 | 7 | 1.972 | | |
| 67 | 1.955 | 104 | 1.972 | | |
| 180 | 1.955 | 113 | 1.972 | | |
| 106 | 1.956 | 143 | 1.972 | | |
| 139 | 1.957 | 145 | 1.977 | | |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

5.3 Índice de Áreas Verdes

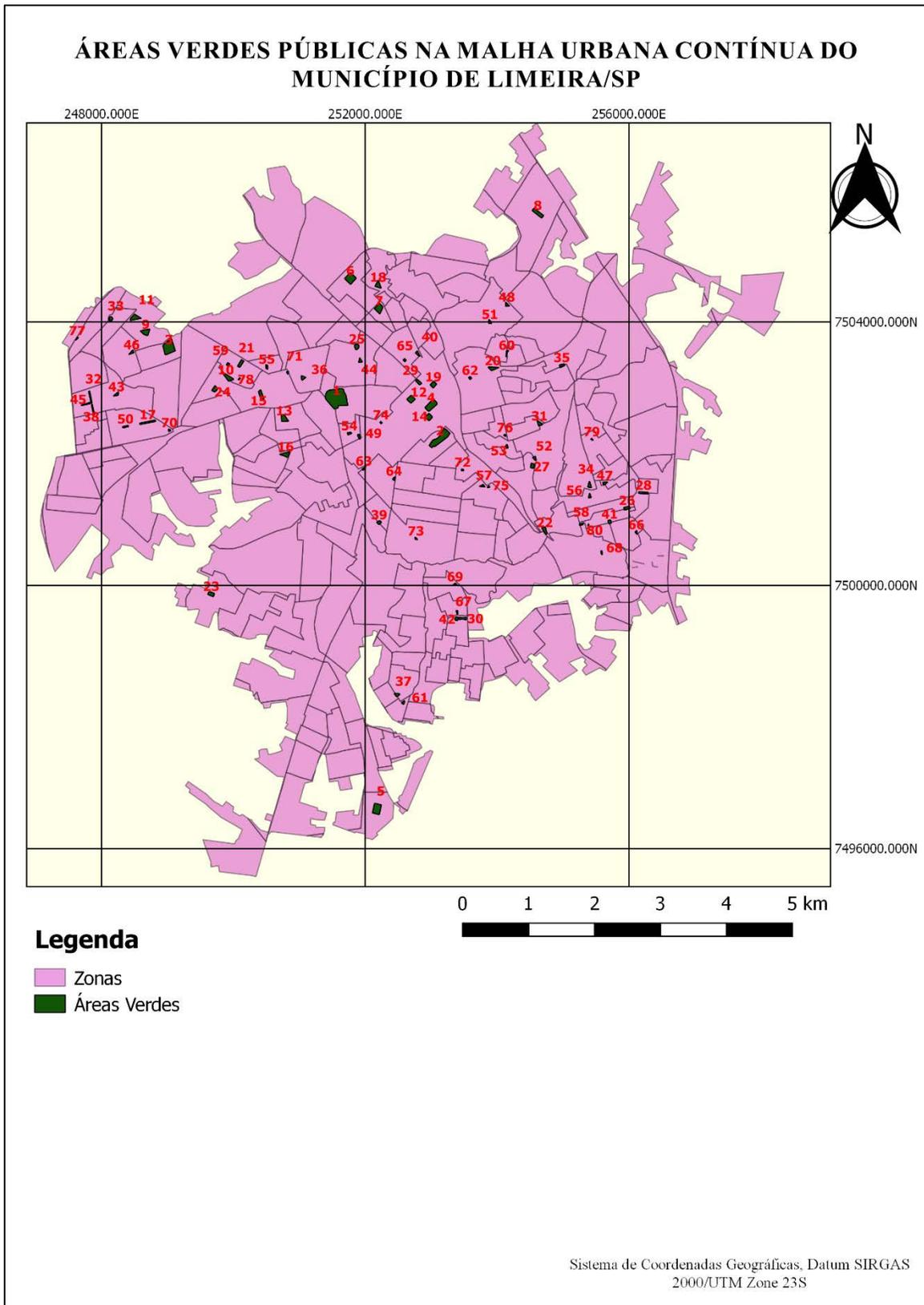
Uma característica marcante da distribuição de áreas verdes públicas no município de Limeira é sua ausência de homogeneidade. Enquanto pode-se observar um grande número de áreas verdes em uma delimitação espacial reduzida, como nas zonas localizadas a Leste do município, próximas ao limite da malha urbana, em torno das zonas 15 e 16, e as localizadas a Oeste, no limite oposto da malha urbana, em torno das zonas 153 e 156, observa-se contraste gritante em relação às zonas ao Sul da delimitação urbana que estão, em sua maior parte, destituídas de áreas verdes públicas. Ao total, o município conta com 80 áreas verdes públicas, distribuídas majoritariamente ao longo do eixo Oeste-Leste, concentradas no lado Norte da cidade, com baixa presença de áreas verdes ao Sul.

O município de Limeira apresentou baixa qualidade ambiental relacionada à presença de áreas verdes: Das 180 zonas analisadas neste trabalho, apenas três tiveram IAV igual ou superior a 15m²/hab, padrão recomendado pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) (*apud* VILA, M. R; PANCHER, A. M., 2012), enquanto que 121, ou 67% do total de zonas, não contam com qualquer cobertura de áreas verdes, retornando IAV de valor zero.

O IAV geral foi de 1,46 m²/hab, valor muito abaixo do recomendável. Ambas as zonas com IAV dentro do recomendável contêm grandes áreas, sendo uma delas o “Bosque Prefeita Maria Thereza” e a outra o “Parque Cidade de Limeira”, áreas verdes de grande porte e que são destoantes do perfil de praças públicas comuns. O restante do perfil de ambas as zonas é composto de áreas residenciais, não contando com qualquer outra espécie de infraestrutura de promoção da qualidade ambiental do entorno, e seu território também é reduzido, diminuindo a população da zona e, por conseguinte, elevando o IAV.

As seguir, apresentam-se os mapas (Figuras 10 e 12) da distribuição das áreas verdes públicas e o IAV, por zona, da área urbana do município, juntamente com as tabelas de área de cada Área Verde (Figura 11) e de IAV por zona (Figura 13). A figura 13 considerou apenas as zonas com IAV maior que zero. A distribuição também seguiu o método de “quantis”, com exceção da classe contendo os valores de zero, que engloba a totalidade destas zonas.

Figura 10 - Mapa das áreas verdes públicas da malha urbana contínua de Limeira.



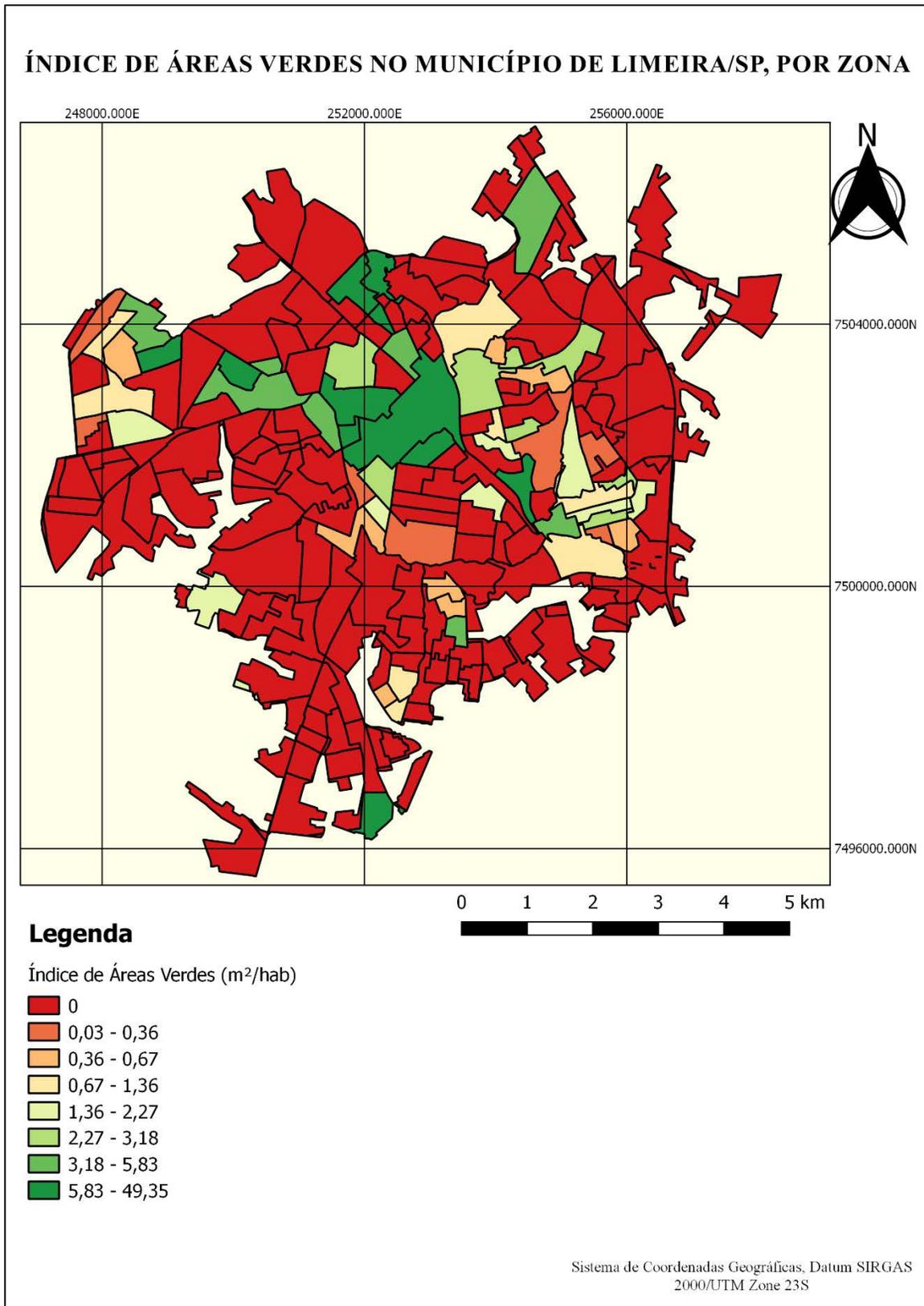
Fonte: IBGE, 2010; EMLASA, 2010/11. Elaboração: Autor

Figura 11 – Áreas em m² de cada Área Verde Pública da malha urbana contínua de Limeira

| | | | | | | | |
|------|------------------------|------|------------------------|------|------------------------|----|-----|
| Área | Área (m ²) | Área | Área (m ²) | Área | Área (m ²) | 76 | 563 |
| 1 | 74732 | 26 | 3674 | 51 | 1769 | 77 | 486 |
| 2 | 32964 | 27 | 3614 | 52 | 1717 | 78 | 484 |
| 3 | 28303 | 28 | 3526 | 53 | 1642 | 79 | 479 |
| 4 | 16955 | 29 | 3490 | 54 | 1625 | 80 | 308 |
| 5 | 16431 | 30 | 3303 | 55 | 1609 | | |
| 6 | 16373 | 31 | 3296 | 56 | 1584 | | |
| 7 | 10862 | 32 | 3149 | 57 | 1560 | | |
| 8 | 9083 | 33 | 3115 | 58 | 1472 | | |
| 9 | 8243 | 34 | 3059 | 59 | 1469 | | |
| 10 | 8044 | 35 | 2830 | 60 | 1460 | | |
| 11 | 7858 | 36 | 2665 | 61 | 1432 | | |
| 12 | 7857 | 37 | 2555 | 62 | 1154 | | |
| 13 | 7536 | 38 | 2363 | 63 | 1151 | | |
| 14 | 6815 | 39 | 2295 | 64 | 1105 | | |
| 15 | 6501 | 40 | 2214 | 65 | 1080 | | |
| 16 | 6146 | 41 | 2150 | 66 | 1037 | | |
| 17 | 5426 | 42 | 2123 | 67 | 971 | | |
| 18 | 5399 | 43 | 2104 | 68 | 926 | | |
| 19 | 5211 | 44 | 2054 | 69 | 912 | | |
| 20 | 4894 | 45 | 2048 | 70 | 817 | | |
| 21 | 4826 | 46 | 1956 | 71 | 780 | | |
| 22 | 4686 | 47 | 1952 | 72 | 762 | | |
| 23 | 4666 | 48 | 1889 | 73 | 744 | | |
| 24 | 4491 | 49 | 1860 | 74 | 653 | | |
| 25 | 4365 | 50 | 1823 | 75 | 573 | | |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

Figura 12 - Índice de Áreas Verdes de Limeira.



Fonte: IBGE, 2010; EMLASA, 2010/11. Elaboração: Autor

Figura 13 – IAV por zona da malha urbana contínua de Limeira

| Zona | IAV m ² /hab | Zona | IAV m ² /hab | Zona | IAV m ² /hab |
|------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|
| 90 | 49.347 | 176 | 2.467 | 136 | 0.555 |
| 28 | 29.363 | 73 | 2.328 | 85 | 0.515 |
| 45 | 21.091 | 155 | 2.267 | 2 | 0.495 |
| 3 | 14.367 | 11 | 2.170 | 79 | 0.494 |
| 125 | 9.946 | 95 | 2.055 | 74 | 0.401 |
| 166 | 9.480 | 86 | 2.049 | 153 | 0.381 |
| 40 | 8.397 | 158 | 1.734 | 82 | 0.359 |
| 39 | 7.898 | 102 | 1.480 | 175 | 0.289 |
| 30 | 6.891 | 164 | 1.474 | 159 | 0.287 |
| 29 | 6.183 | 172 | 1.413 | 94 | 0.261 |
| 16 | 6.059 | 8 | 1.365 | 178 | 0.258 |
| 15 | 5.835 | 163 | 1.217 | 6 | 0.175 |
| 27 | 4.830 | 127 | 1.208 | 9 | 0.121 |
| 54 | 4.517 | 5 | 1.195 | 31 | 0.030 |
| 140 | 4.259 | 151 | 0.963 | | |
| 47 | 4.110 | 171 | 0.914 | | |
| 154 | 3.532 | 51 | 0.875 | | |
| 17 | 3.529 | 130 | 0.737 | | |
| 1 | 3.223 | 137 | 0.674 | | |
| 77 | 3.180 | 128 | 0.663 | | |
| 76 | 2.800 | | | | |
| 36 | 2.715 | | | | |
| 156 | 2.702 | | | | |
| 83 | 2.697 | | | | |
| 174 | 2.662 | | | | |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

5.4 Mapa do Verde Urbano de Limeira

Das 180 zonas analisadas da área urbana do município de Limeira, um total de quatorze, ou cerca de 8%, apresentaram classe 1 de qualidade ambiental, ou seja, tendo cobertura vegetal e índice de áreas verdes acima da mediana demonstrada no município. Dada a heterogeneidade da distribuição de áreas verdes e do tamanho e densidade populacional das zonas do município, percebe-se que a classe 1 é composta de zonas com concentração e tamanho atípico de áreas verdes, exibindo uma única área de tamanho destoante das demais, como no caso das zonas que englobam o “Bosque Prefeita Maria Thereza” e o “Parque Cidade de Limeira”. Desta forma, as zonas aqui representadas não aparentam um planejamento mais cuidadoso ou com maior enfoque em questões ambientais, mas sim um favorecimento estatístico pela simples heterogeneidade da distribuição do verde urbano.

Vale lembrar, novamente, o caráter qualitativo e local desta análise. As áreas com maior ou menor qualidade ambiental dispostas nesta carta apresentam esta característica em relação à totalidade do município de Limeira, não a indicadores gerais de qualidade estabelecidos na literatura, portanto, é possível uma área se destacar como de boa qualidade ambiental em comparação com as demais, e mesmo assim contar com IAV e porcentagem de CV abaixo do padrão recomendado.

As zonas de classe 2, ou seja, com cobertura vegetal abaixo e índice de áreas verdes acima da mediana, são 16 de 180, ou cerca de 9% do total, e se correlacionam em grande parte com as zonas de classe 4, que serão tratadas posteriormente. Aqui, são zonas menores e que, por uma questão de acaso, apresentam mais de uma área verde, ou uma única área que, frente ao tamanho diminuto da zona, afeta seus arredores em maiores proporções, mas, em contrapartida, contam com os mesmos problemas das zonas de classe 4, isto é, ampla ocupação de bairros residenciais com pouca atenção dada a arborização urbana.

As zonas classificadas como tendo cobertura vegetal acima da mediana e índice de áreas verdes abaixo, ou seja, classe 3, se localizam, ao longo de toda a malha urbana, tanto em zonas centrais como de borda. Elas abrangem um total de 76 zonas das 180, ou cerca de 42% do total. Uma das características detectadas nas zonas de classe 3 é a presença de condomínios privativos, onde percebe-se boa cobertura vegetal em relação ao resto do município, mas, por serem territórios de caráter privado, não contam com áreas verdes públicas, colocando-os nesta faixa de

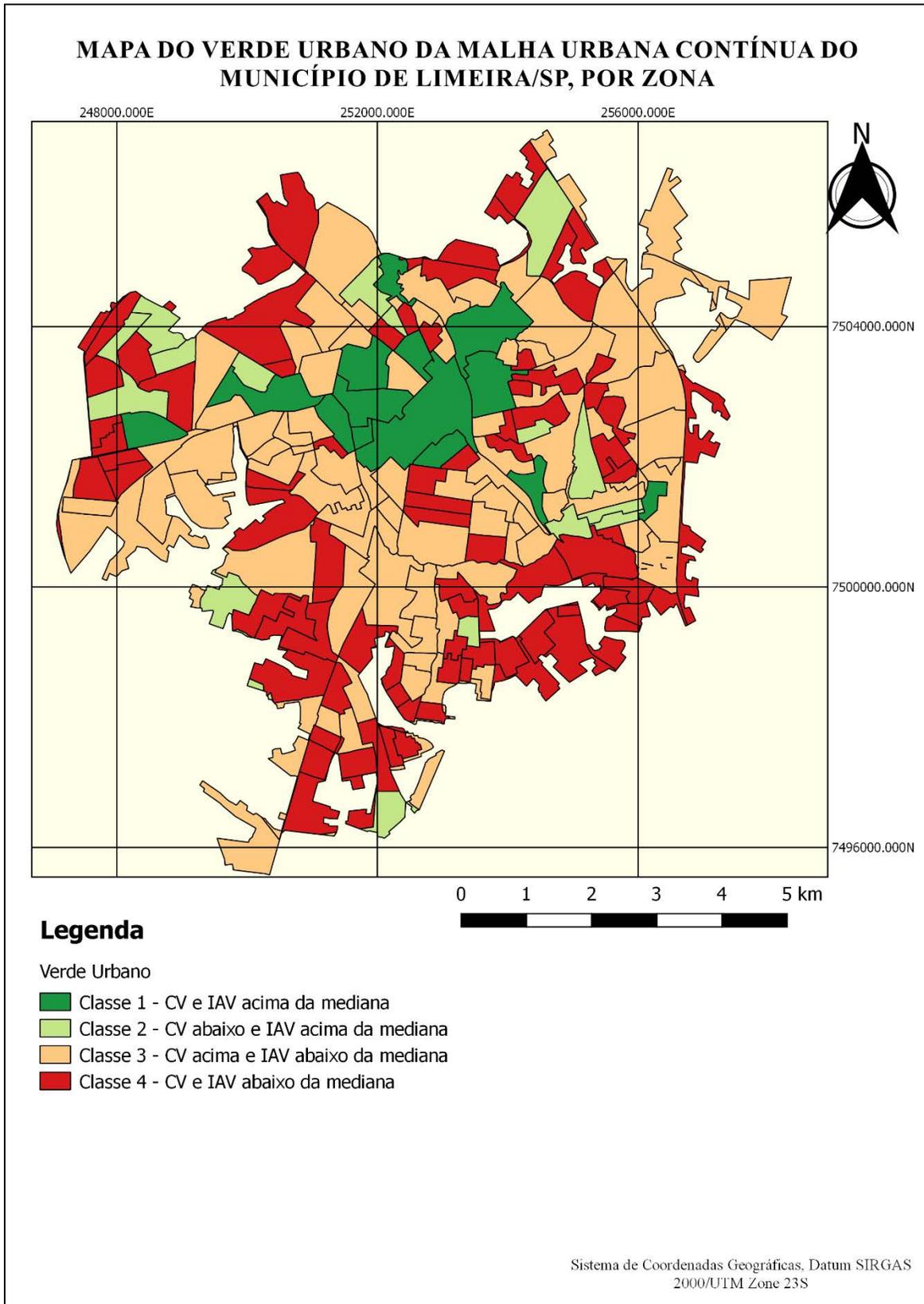
classificação. Percebe-se, também, zonas com grandes espaços públicos, que propiciam cobertura arbórea acima da média, mas que por apresentarem grande impermeabilização do solo, foram excluídos pelo critério de seleção de áreas verdes, provendo apenas parte dos benefícios das mesmas. Tais características se mostram proeminentes em zonas de classe 3 centrais, que sofreram urbanização já antiga e se encontram em avançado processo de verticalização.

Outros dois tipos de zona de classe 3 são as industriais, onde há relativamente pouca ocupação de núcleos habitacionais mas apresentam-se grandes terrenos de empresas ainda com presença de cobertura arbórea, e zonas que margeiam corpos hídricos, que por apresentarem estas feições espaciais, contam com índice superior de cobertura vegetal, relacionado às margens de cursos d'água que cortam a paisagem urbana.

Setenta e quatro zonas, ou cerca de 41% do total, obtiveram a classificação 4, colocando-se abaixo da mediana para ambos os indicadores analisados. Estas zonas são majoritariamente habitacionais, não contendo grandes terrenos de empresas, estando em grande parte correlacionadas com a maior densidade populacional do município e nas fronteiras da malha urbana contínua do mesmo, onde há pouca verticalização. Esta classe demonstra que a ocupação humana de espaços causa grande impacto no meio, mesmo quando não apresenta os problemas de crescimento desordenado e falta de infraestrutura necessária ao bem-estar humano, visto que os bairros residenciais presentes nesta classe aparentam contar com arruamento e demais estruturas de urbanização adequadas. Também fica evidente o problema da associação errônea de um ambiente urbano de má qualidade com um espaço verticalizado, visto que uma ocupação extensa, de baixa densidade e pouca arborização também traz malefícios ao bem-estar da população urbana.

Seguem o mapa do verde urbano de Limeira (Figura 14) e a tabela de dados relacionada (Figuras 15 e 16).

Figura 14 – Mapa do Verde Urbano de Limeira



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: Autor

Figura 15 – Classes de Verde Urbano das zonas de Limeira (1)

| Zona | Classe VU |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 29 | 1 | 154 | 2 | 75 | 3 | 62 | 3 | 162 | 3 |
| 166 | 1 | 155 | 2 | 77 | 3 | 72 | 3 | 163 | 3 |
| 27 | 1 | 156 | 2 | 176 | 3 | 84 | 3 | 165 | 3 |
| 40 | 1 | 164 | 2 | 99 | 3 | 85 | 3 | 167 | 3 |
| 11 | 1 | 174 | 2 | 65 | 3 | 89 | 3 | 170 | 3 |
| 15 | 1 | 32 | 3 | 58 | 3 | 92 | 3 | 175 | 3 |
| 28 | 1 | 64 | 3 | 168 | 3 | 94 | 3 | 17 | 4 |
| 30 | 1 | 18 | 3 | 161 | 3 | 100 | 3 | 7 | 4 |
| 36 | 1 | 63 | 3 | 123 | 3 | 95 | 3 | 68 | 4 |
| 47 | 1 | 23 | 3 | 138 | 3 | 101 | 3 | 144 | 4 |
| 51 | 1 | 141 | 3 | 37 | 3 | 107 | 3 | 171 | 4 |
| 73 | 1 | 83 | 3 | 179 | 3 | 108 | 3 | 44 | 4 |
| 90 | 1 | 82 | 3 | 66 | 3 | 110 | 3 | 49 | 4 |
| 158 | 1 | 48 | 3 | 26 | 3 | 111 | 3 | 76 | 4 |
| 45 | 2 | 50 | 3 | 13 | 3 | 115 | 3 | 80 | 4 |
| 1 | 2 | 74 | 3 | 14 | 3 | 118 | 3 | 71 | 4 |
| 3 | 2 | 81 | 3 | 24 | 3 | 119 | 3 | 78 | 4 |
| 5 | 2 | 98 | 3 | 31 | 3 | 130 | 3 | 97 | 4 |
| 8 | 2 | 96 | 3 | 33 | 3 | 131 | 3 | 42 | 4 |
| 16 | 2 | 86 | 3 | 34 | 3 | 132 | 3 | 56 | 4 |
| 39 | 2 | 69 | 3 | 43 | 3 | 134 | 3 | 57 | 4 |
| 54 | 2 | 70 | 3 | 52 | 3 | 135 | 3 | 159 | 4 |
| 102 | 2 | 25 | 3 | 53 | 3 | 152 | 3 | 148 | 4 |
| 125 | 2 | 38 | 3 | 59 | 3 | 153 | 3 | 160 | 4 |
| 140 | 2 | 41 | 3 | 60 | 3 | 157 | 3 | 116 | 4 |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

Figura 16 – Classes de Verde Urbano das zonas de Limeira (2)

| Zona | Classe VU | Zona | Classe VU | | |
|------|-----------|------|-----------|-----|---|
| 114 | 4 | 109 | 4 | 172 | 4 |
| 4 | 4 | 112 | 4 | 177 | 4 |
| 67 | 4 | 113 | 4 | 178 | 4 |
| 2 | 4 | 117 | 4 | 173 | 4 |
| 6 | 4 | 120 | 4 | 180 | 4 |
| 9 | 4 | 121 | 4 | | |
| 10 | 4 | 122 | 4 | | |
| 12 | 4 | 124 | 4 | | |
| 19 | 4 | 126 | 4 | | |
| 20 | 4 | 127 | 4 | | |
| 21 | 4 | 128 | 4 | | |
| 22 | 4 | 129 | 4 | | |
| 35 | 4 | 133 | 4 | | |
| 46 | 4 | 136 | 4 | | |
| 55 | 4 | 137 | 4 | | |
| 61 | 4 | 139 | 4 | | |
| 79 | 4 | 142 | 4 | | |
| 87 | 4 | 143 | 4 | | |
| 88 | 4 | 145 | 4 | | |
| 91 | 4 | 146 | 4 | | |
| 93 | 4 | 147 | 4 | | |
| 103 | 4 | 149 | 4 | | |
| 104 | 4 | 150 | 4 | | |
| 105 | 4 | 151 | 4 | | |
| 106 | 4 | 169 | 4 | | |

Fonte: IBGE, 2010; EMPLASA, 2010/11. Elaboração: Autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise da malha urbana do município de Limeira/SP, percebe-se uma baixa presença de vegetação urbana geral na malha urbana do município. A presença de áreas verdes de caráter público é irregular e esparsa, com muitas de tamanho reduzido, o que limita sua atuação como fator positivo de qualidade ambiental.

Destaca-se o caráter econômico da distribuição de qualidade ambiental urbana, na presença de cobertura vegetal acima da mediana municipal em condomínios privados, lugares historicamente relacionados a melhores condições de renda familiar. Embora todo o sistema urbano sofra com os impactos presentes neste meio, nota-se a concentração do ônus do paradigma urbano brasileiro aos menos favorecidos que, mesmo quando contam com infraestrutura básica adequada à ocupação digna, têm ainda de arcar com ambientes desprovidos de elementos naturais e seus benefícios associados, sendo a eles relegada uma expansão cinzenta e empobrecida, desprovida de muitos aspectos de qualidade de vida cobiçados e disputados pelos estratos financeiros superiores.

Se faz necessário também reconhecer o impacto humano nos sistemas ambientais por sua simples ocupação, dadas as informações de cobertura vegetal das zonas compostas de bairros residenciais. Percebe-se que o pensamento estereotípico de que o impacto ambiental urbano e deterioração da qualidade de vida se dão somente em grandes aglomerados que sofreram intensa verticalização e ocupação é equivocado, vistos os baixos índices tanto na cobertura vegetal quanto nas áreas verdes demonstrados neste trabalho. O tratamento delegado à qualidade ambiental urbana deve também passar por um processo de revisão da forma em que zonas residenciais de baixa densidade são construídas, incorporando estratégias de arborização urbana e provisão de espaços de recreação que possam ao mesmo tempo oferecer benefícios ambientais ao entorno às práticas correntes de expansão urbana.

Por fim, conclui-se que os resultados obtidos nesta pesquisa, podem servir de ferramenta de apoio a políticas públicas de incremento da qualidade do meio urbano, bem como para estudos semelhantes sobre sua mensuração, com a expectativa de que a esfera ambiental seja cada vez mais incorporada à tomada de decisão sobre a formulação do espaço público urbano e de que seja ressaltado o papel de órgãos e profissionais capacitados para o planejamento desta construção a fim de guiá-la de forma racional e embasada, rompendo com paradigmas puramente desenvolvimentistas que prezam a expansão desenfreada em detrimento do reconhecimento da

esfera ambiental no bem-estar humano, sobretudo em paisagens urbanas, muitas vezes extremamente desconectadas de sua origem natural e seus benefícios relacionados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGEOLETTO, F. H. S. **Planeta Ciudad: Ecología urbana y planificación de ciudades medias de Brasil**. 280 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Meio Ambiente) – Universidade Autónoma de Madrid, Madrid, 2012.

ANGEOLETTO, F. H. S. O Papel da Cobertura Vegetal nos Ambientes Urbanos e Sua Influência na Qualidade de Vida nas Cidades. **Desenvolvimento em questão**. Ijuí, ano 15, n. 40, jul./set. 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/issue/view/199>>. Acesso em: 12 mai 2019.

ÁVILA, M. R.; PANCHER, A. M. Os benefícios da cobertura vegetal arbórea e arbustiva no meio ambiente urbano In: Encontro Nacional de Geógrafos, 2016, São Luiz/MA. **A construção do Brasil: geografia, ação política e democracia**. São Luiz - MA: Associação dos Geógrafos Brasileiros - AGB, 2016. v.18.

ÁVILA, M. R.; PANCHER, A. M. O uso de geotecnologias na determinação do percentual de áreas verdes urbanas no município de Americana – SP. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2, n. 4, p. 1662 - 1673

BARGOS, D. C. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade Ambiental Urbana: estudo de caso de Paulínia-SP**. 130 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, 2010.

BRASIL. **Total de habitantes das áreas urbanas cresce e chega a 84,4% em 2010**. 2011. Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2011/04/total-de-habitantes-das-areas-urbanas-cresce-e-chega-a-84-4-em-2010>>. Acesso em 20 mai. 2019.

FALCÓN, A. **Espacios verdes para una ciudad sostenible: planificación, proyecto, mantenimiento y gestión**. Barcelona: Ed. Gustavo Gilli, 2007. 175 p.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Ranking Universitário Folha. 2018**. Disponível em: <http://ruf.folha.uol.com.br/2018/>>. Acesso em 17 mai. 2019.

FUNDAÇÃO SEADE. **Perfil dos Municípios Paulistas**. Disponível em <<http://www.perfil.seade.gov.br/#>>. Acesso em 18 set. 2018.

KRIEGER, J; HIGGINS, D. L. Housing and health: time again for public health action. **American Journal of Public Health**. [s.l.], v. 92, p. 758-768, 2002.

MOORE, M; GOULD, P; KEARY, B. S. Global urbanization and impact on health. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. [s.l.], v. 206, n. 4-5, p. 269-278, 2003.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Curitiba, 2 ed, 2008. 150 p.

MARTINELLI, P. **Qualidade Ambiental Urbana em cidades médias: proposta de modelo de avaliação para o estado de São Paulo**. 130 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2004.

MAZZEI, K. M; COLESANTI, M; SANTOS, D. G. . Áreas verdes urbanas, espaços livres para o lazer. **Sociedade & Natureza**. Uberlandia – MG. v. 19, n. 1, p 33-43, 2007.

SANTOS, L. F. R. A integração de dados físico-naturais e antrópicos para a análise de risco à inundação na cidade de Limeira – SP. In: XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2019, Fortaleza/CE. **Geografia física e as mudanças globais**. Fortaleza - CE: Universidade Federal do Ceará - UFC, 2019

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. **Cities and Biodiversity Outlook**. Montreal. 2012. Disponível em: <<https://www.cbd.int/doc/health/cbo-action-policy-en.pdf>>.

SMITH, K. R. Environmental Health – for the rich of for all?. **Bulletin of the World Health Organization**. [s.l.], v. 78, p. 1156 – 1161, 2000.

SARMENTO, R. et al. Urban environmental quality indicators. In: Brebbia, C. A. et al. **The Sustainable City: Urban Regeneration and Sustainability**. Southampton: WIT Press, 2000. Pp 95-102.