

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Use of geotechnologies for mapping and analyzing urban green areas in the municipality of Campos dos Goytacazes, Brazil

Uso de geotecnologías para mapear y analizar áreas verdes urbanas en el municipio de Campos dos Goytacazes, Brasil

Carlos Eduardo de Souza  <https://orcid.org/0000-0002-0759-3799>

Mestre em Pesquisa Operacional e Inteligência Computacional (UCAM-Campos). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Campos-Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: carlos.e.souza@ifl.edu.br.

Ítalo de Oliveira Matias  <https://orcid.org/0000-0001-6683-5287>

Doutor em Engenharia Civil (UFRJ). Professor Titular da Universidade Cândido Mendes (UCAM-Campos) - Campos dos Goytacazes/ RJ - Brasil. E-mail: italo@ucam-campos.br.

Milton Erthal Júnior  <https://orcid.org/0000-0002-9959-3568>

Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense Campus Campos-Guarus – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: miltonerthal@hotmail.com.

Resumo

A vegetação urbana é importante para mitigar problemas ambientais causados pela urbanização desordenada e proporcionar qualidade de vida à população. O objetivo da pesquisa foi mapear e analisar as áreas verdes urbanas na cidade de Campos dos Goytacazes (RJ). Para isso, foram utilizadas imagens de satélite e trabalho de campo para identificar e validar as áreas verdes. Em ambiente do Sistema de Informação Geográfico (SIG), foram integrados os dados das áreas verdes, do censo demográfico do IBGE (2010) e demais dados, como hidrografia e limites de setores censitários. Com isso, foi possível estimar índices e construir mapas temáticos que deram suporte às análises. Encontrou-se o percentual de áreas verdes de 2,5%, índice de áreas verdes urbanas por habitante de 11,26 m²/hab. e áreas verdes públicas destinadas à recreação de 0,66 m²/hab. Ademais, 70% dos setores censitários não possuem áreas verdes. Conclui-se que o município possui *deficit* de áreas verdes urbanas, e que há a necessidade de implantá-las, principalmente públicas destinadas à recreação, em locais densamente povoados.

Palavras-chave: Áreas verdes. Qualidade ambiental. Geoprocessamento.

Abstract

Urban vegetation is important to mitigate environmental problems caused by disordered urbanization and to provide quality of life to the population. The objective of the research was to map and analyze the urban green areas of Campos dos Goytacazes, Brazil. Therefore, satellite images and fieldwork were used to identify and validate green areas. In the Geographic Information System environment, data from green areas from the 2010 IBGE demographic census, and other data such as hydrography and limits of census sectors were integrated. With that, it was possible to estimate indexes and build thematic maps that supported the analyses. The survey found a percentage of green areas of 2.5%, an index of urban green areas per inhabitant of 11.26 m² / inhab., and public green areas for recreation of 0.66 m² / inhab. In addition, 70% of the census sectors do not have green areas. We concluded that the municipality has a deficit of urban green areas, and that there is a need to implement them, mainly public areas intended for recreation in densely populated places.

Keywords: Green areas. Environmental quality. Geoprocessing.

Resumen

La vegetación urbana es importante para mitigar los problemas ambientales causados por la urbanización desordenada y proporcionar calidad de vida a la población. El objetivo de esta investigación fue mapear y analizar las áreas verdes urbanas de Campos dos Goytacazes, Brasil. Se utilizaron imágenes de satélite y trabajo de campo para identificar y validar áreas verdes. En el entorno del Sistema de Información Geográfica, se integraron datos de áreas verdes, del censo demográfico del IBGE de 2010 y otros datos, como la hidrografía y los límites de los sectores censales. Con eso, fue posible estimar índices y construir mapas temáticos que respaldaran los análisis. Se encontró un porcentaje de áreas verdes de 2.5%, un índice de áreas verdes urbanas por habitante de 11.26 m² / hab. y áreas verdes públicas para recreación de 0.66 m² / hab. Además, el 70% de los sectores censales no tienen áreas verdes. Se concluye que el municipio tiene un déficit de áreas verdes urbanas y que es necesario implementarlas, principalmente áreas públicas destinadas a la recreación, en lugares densamente poblados.

Palabras clave: Zonas verdes. Calidad ambiental. Geoprosesamiento.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

1 Introdução

A manutenção da vegetação urbana é importante para melhoria da qualidade dos ambientes urbanos. Os espaços verdes fornecem serviços ecossistêmicos para saúde da população, como, por exemplo, melhora qualidade do ar, reduz temperatura, intercepta água de chuva, atenua ruídos, muda a paisagem urbana, cumpre papel educativo e serve de área de lazer (WOLCH; BYRNE; NEWELL, 2014).

Criação e manutenção de áreas verdes no meio urbano são imprescindíveis à qualidade de vida da população. No entanto, não há consenso entre os pesquisadores no que diz respeito aos critérios, métodos e limites mínimos de áreas verdes a serem consideradas na ocupação do solo em áreas urbanas (BERTINI *et al.*, 2016). Além disso, quando o tema é a definição de áreas verdes, há divergência entre pesquisadores e, por isso, existem dificuldades de comparação de resultados entre pesquisas, pois cada pesquisador utiliza metodologias e conceitos distintos (BARGOS; MATIAS, 2011).

Áreas verdes urbanas são áreas com predominância de vegetação arbórea e solo permeável, excluindo as árvores contidas nas ruas, que suporte a fauna urbana, principalmente as aves e fauna de solo, que apresentem função ecológica de melhoria do clima e modificação da paisagem urbana (OLIVEIRA, 1996). No entanto, o autor não delimita o percentual mínimo de solo permeável. Para Bargos (2010), as áreas verdes urbanas precisam conter no mínimo 70% de solo permeável.

Áreas com aglomeração de árvores, áreas verdes, e que contenham infraestrutura para o acesso da população são imprescindíveis para a qualidade de vida da população urbana, oportunizando fuga do ambiente urbano construído e contato com a natureza (LONDE; MENDES, 2014). Além disso, as áreas verdes urbanas devem estar localizadas a pequenas distâncias das moradias, que possa ser possível de se percorrer a pé (MAZZEI; COLESANTI; SANTOS, 2007).

A área urbana é composta por áreas edificadas, de integração e livre de construção. As áreas edificadas são as que possuem o uso da terra construído e ocupado pelo homem, como, por exemplo, casas, indústrias, comércio, entre outros. Enquanto as áreas de integração são compostas pelas ruas e avenidas. Os espaços livres de construção são áreas ao ar livre, podendo servir para diversos objetivos como o ornamental, lazer e conservação ambiental (ÁVILA; PANCHER, 2015). As áreas verdes urbanas estão localizadas na área livre de construção (SILVA, 2018).

Durante a urbanização, ocorre a supressão da vegetação e impermeabilização do solo, os objetos naturais são substituídos por outros artificiais (SANTOS, 2001). Como resultado, as cidades são consideradas o ápice do apoderamento do ambiente natural, tornando-se um ambiente artificial; porém sujeito a todos os efeitos naturais impostos pelo meio ambiente (SPÓSITO, 2003). Quando o processo de urbanização ocorre sem o planejamento adequado, resulta em problemas ambientais, que se agravam à medida que as cidades avançaram no seu crescimento (BARGOS; MATIAS, 2012).

A Constituição Federal (1988, Artigo 225) estabelece que “Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado” (BRASIL, 1988), além disso, é dever do poder público e da coletividade de preservar e defender o meio ambiente para as presentes e futuras gerações. Para avaliar se o quantitativo de áreas verdes de uma cidade se encontra adequada, faz-se necessário conhecer índices e localização das áreas verdes, buscando mensurar a relação entre áreas verdes com a área e população urbana (SILVA, 2018). Para tanto, evidencia-se o Sistema de Informação Geográfica (SIG), que possibilita a integração de diversos tipos de dados que tenham em comum a componente espacial. Como resultado, viabiliza a realização de análises da distribuição espacial de um objeto de estudo, áreas verdes, levando em consideração o seu entorno (LONGLEY *et al.*, 2013).

Alguns estudos apontam que existem cidades brasileiras com deficiências nas áreas verdes urbanas. Em estudo realizado por Ávila e Pancher (2015) na área urbana do município de Americana (SP), foi constatada carência de áreas verdes públicas destinada à recreação e distribuição irregular, com poucas áreas verdes na área central. Além disso, a maior parte das áreas verdes encontradas estavam às margens de corpos hídricos de forma fragmentadas.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Em estudo realizado por Bargos e Matias (2012) na área urbana do município Paulínia (SP), foi constatada boa quantidade de áreas verdes urbanas, representando 6,3% da área urbana oficial e 96,32 m² de área verde/habitante. No entanto, a distribuição espacial se encontra heterogênea, com poucas áreas verdes em setores censitários mais populosos e abundância de áreas verdes em setores censitários menos populosos.

O município de Campos dos Goytacazes localiza-se no norte do estado do Rio de Janeiro e possui uma história significativa em termos de ocupação urbana. Nessa cidade houve ocupação espontânea em áreas públicas e privadas, de forma individual ou coletiva e, em muitas situações, de forma desordenada em áreas de risco, como margem de rios e lagoas (MELO; ARAÚJO, 2014). Por conta do histórico de ocupação irregular ou sem planejamento adequado, a vegetação nativa foi sendo suprimida dando lugar às construções, potencializando a ocorrência de impactos ambientais na área urbana do município.

Por isso, há necessidade de diagnosticar problemas ambientais relacionados ao processo de urbanização, para posteriormente buscar soluções visando mitigar os impactos resultante da ocupação urbana do passado. Dessa maneira, a pesquisa tem por objetivo mapear e analisar as áreas verdes urbanas da sede do município de Campos dos Goytacazes (RJ). A espacialização e índices de áreas verdes serão objetos de análise, ao se debater sobre as proporções mínimas de áreas verdes urbanas em relação à população residente e a área estudada.

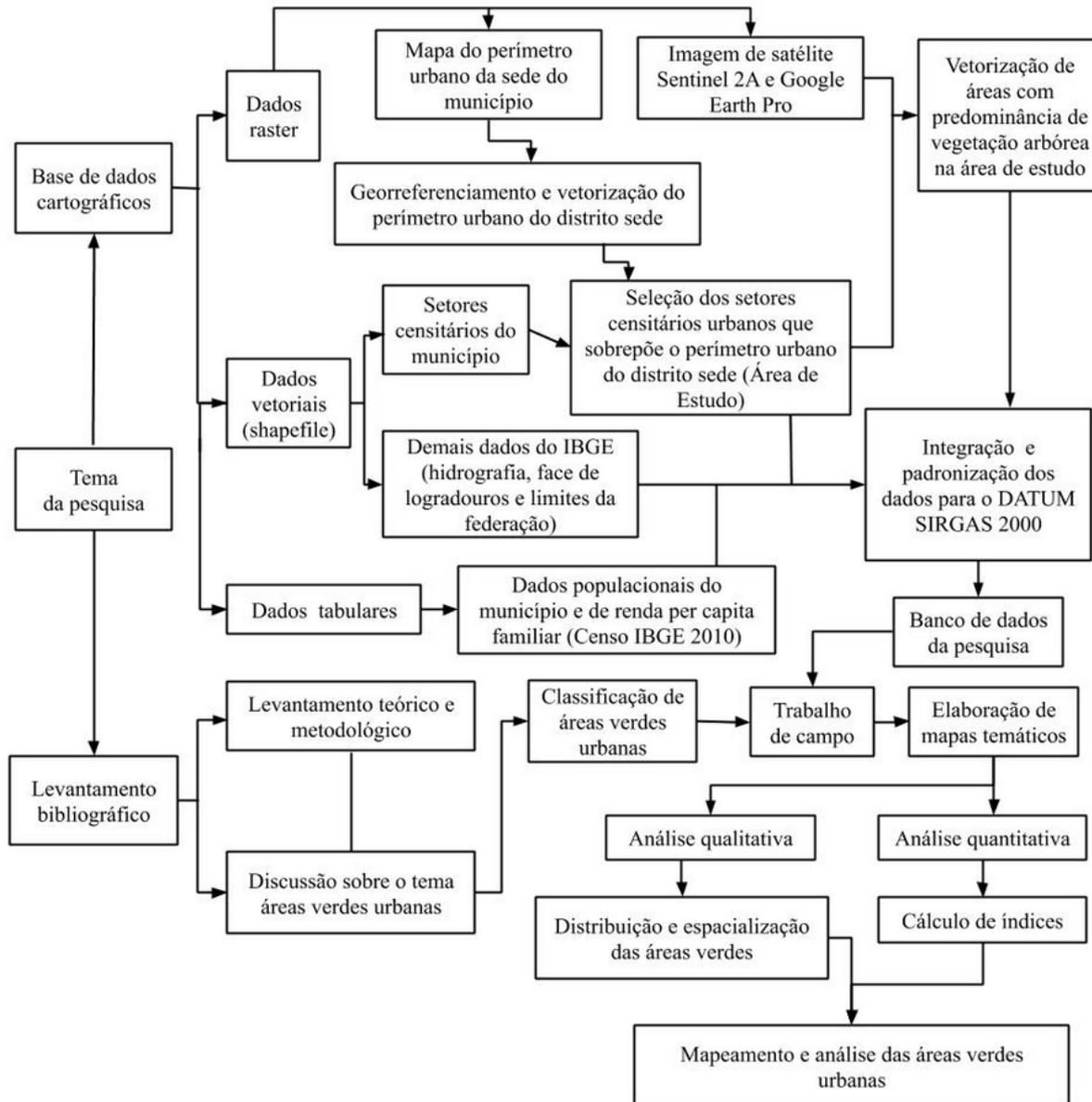
2 Metodologia

Foi utilizado a metodologia adaptada de Bargos (2010), a partir de Cavalheiro e Del Picchia (1992) e Nucci (2001). Com a utilização do geoprocessamento, foi possível mapear as áreas verdes urbanas, o que serviu de suporte para estimação de índices (análise quantitativa) e realização de análises da espacialização das áreas verdes em toda área de estudo (análise qualitativa). Os mapas produzidos na pesquisa, foram baseados em dados cartográficos, dados do censo demográfico do IBGE 2010 e trabalho de campo.

Com a realização da revisão bibliográfica, objetivou-se investigar bases teóricas e metodológicas para a pesquisa. Em seguida, foi criado um banco de dados provenientes de diversas fontes, incluindo dados originados de fotointerpretação em imagens de satélite e trabalho de campo. Na sequência, os dados foram integrados, interpretados e manipulados em ambiente do Sistema de Informação Geográfico (SIG), possibilitando o cálculo de variáveis e a produção de produtos cartográficos (mapas temáticos), que deram sustentação para as análises necessárias. Encontra-se, na Figura 1, a sequência do desenvolvimento da pesquisa.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 1. Esquema da metodologia aplicada na pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores

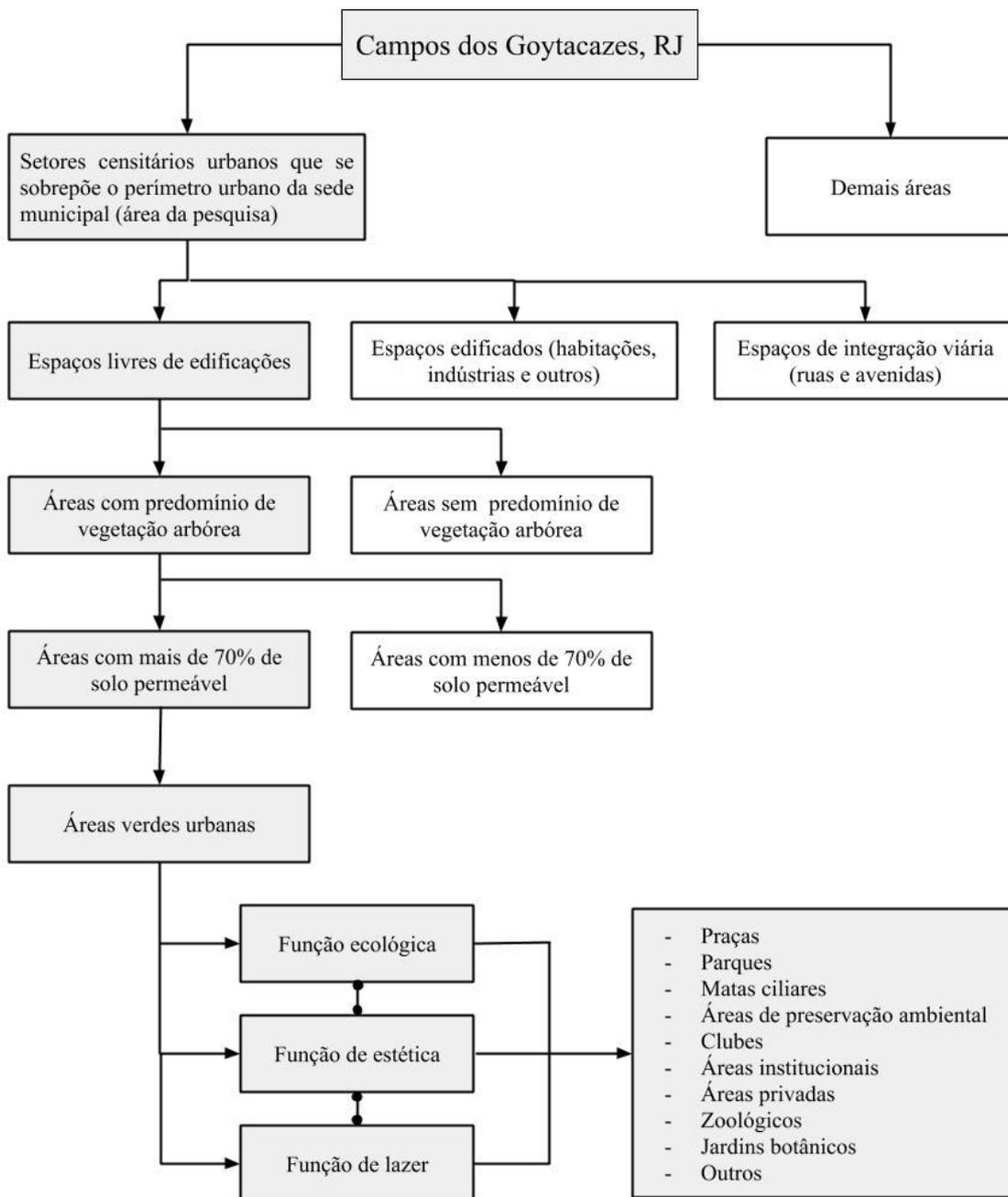
2.1 Levantamento bibliográfico

Dentre as obras consultadas, os trabalhos realizados por autores como Oliveira (1996), Bargas (2010), Ávila e Panher (2015), Bertini *et al.* (2016) e Silva (2018), sustentaram a definição de áreas verdes urbanas a ser considerada no trabalho. As áreas verdes urbanas consideradas no estudo foram áreas com predominância de vegetação arbórea, excluindo árvores de ruas, e que contenham no mínimo 70% de solo permeável, livre de edificações, que tenham acesso ao público ou não, que

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

produzam minimamente funções ecológicas, estéticas ou de lazer. Não foram analisadas as áreas construídas e de integração, visto que as áreas verdes estão localizadas nas áreas livres. Com base nos trabalhos dos autores supracitados, elaborou-se um fluxograma das etapas metodológicas para a classificação das áreas verdes urbanas da pesquisa (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma para classificação das áreas verdes urbanas



Fonte: Elaborado pelos autores

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

2.2 Dados, software e materiais utilizados

Foram utilizados dados vetoriais no formato *shapefile* disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como as malhas dos setores censitários dos municípios brasileiros e face de logradouros, ambas do ano 2010, além das malhas dos municípios brasileiros e hidrografia, ambas do ano 2017. Os dados populacionais e de renda dos domicílios foram extraídos de arquivos, com formato tabular, do censo demográfico do IBGE, realizado no ano 2010. O SIG utilizado para integração e processamento dos dados foi o QGIS 3.4. O receptor GNSS de navegação, modelo GPSMAP 60CSx da empresa Garmin, foi utilizado na coleta de pontos no campo, que serviram para conferência do georreferenciamento da base de dados.

Utilizou-se o mapa do perímetro urbano da sede do município de Campos dos Goytacazes (RJ), na escala 1:75000, de março de 2007, no formato *Portable Document Format* (PDF), disponibilizado no *site* da Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes. Além disso, utilizaram-se dados matriciais como as imagens de satélite do *software* Google Earth Pro do ano 2018 e imagem do satélite Sentinel 2A de 20 de julho de 2018, com 10 metros de resolução espacial, Instrumento MSI, nível de processamento 1C, tipo de produto S2MSI1C e identificador 23KRR.

2.3 Delimitação da área de estudo

A pesquisa foi desenvolvida no município de Campos dos Goytacazes, localizado no interior do estado do Rio de Janeiro na mesorregião norte fluminense, com população de 463.731 habitantes, contabilizada no censo do ano de 2010, e com 90,3% dela morando na área urbana (IBGE, 2010). A área de estudo parte dos limites da área urbana da cidade de Campos dos Goytacazes, 1.º distrito municipal (CAMPOS DOS GOYTACAZES, 2008).

O mapa do perímetro urbano da sede do município de Campos dos Goytacazes foi georreferenciado. Para tanto, o referido mapa, em formato PDF, foi carregado no georreferenciador do QGIS 3.4 e foram inseridos cinco pontos de controle da grade de coordenadas do próprio mapa, em seguida o mapa foi georreferenciado e convertido para o formato *Tagged Image File Format* (TIFF). O arquivo resultante do georreferenciamento foi carregado no SIG QGIS 3.4. Para conferência do georreferenciamento do mapa, foram inseridos os vetores dos setores censitários do IBGE do ano 2010 e hidrografia, além de cinco pontos de controle de campo, coletados com o receptor GNSS.

Em seguida, foi realizada a vetorização do perímetro urbano da sede municipal e foram selecionados os setores censitários considerados urbanos pelo IBGE e que tocassem o perímetro urbano da sede municipal. O somatório dos polígonos dos setores censitários selecionados foi a área de estudo considerada na pesquisa.

2.4 Preparação dos dados para serem aplicados na pesquisa

Foram integrados, no SIG QGIS 3.4, os seguintes dados vetoriais da área de estudo: hidrografia, faces de logradouro, limites da federação, estado e município. Além disso, os dados populacionais e de renda domiciliar *per capita*, dados tabulares, do censo demográfico do IBGE (2010) foram unidos à tabela de atributo dos setores censitários selecionados, com a utilização da ferramenta uniões do QGIS, através da coluna dos códigos dos setores censitários, comum entre os três arquivos.

Os polígonos que representam as áreas verdes foram obtidos através da fotointerpretação das imagens de satélite e posteriormente validação em trabalho de campo. No *software* Google Earth Pro foram interpretados e vetorizados os polígonos de áreas arborizadas, além da atualização de logradouros e hidrografia, gerando arquivos em formato *Keyhole*

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Markup Language (KML). Os arquivos KML foram carregados no QGIS e convertidos para o formato *shapefile*. Em seguida, no QGIS, os polígonos das áreas arborizadas foram confrontados com a imagem do satélite Sentinel 2A possibilitando a verificação do georreferenciamento e a realização ajustes de vetorização dos polígonos.

As áreas verdes urbanas foram validadas de acordo com os critérios estabelecido na pesquisa (Figura 2). Para tanto, foi realizado trabalho de campo, em que os polígonos resultantes da vetorização das imagens de satélite foram visitados e validados como área verde ou não. Em seguida, foram eliminados os polígonos de áreas arborizadas que não foram validadas como área verde no trabalho de campo e polígonos inferiores a 50 m², valor estabelecido por Ávila e Pancher (2015), que corresponde ao valor da área da copa de uma árvore de porte médio. Em seguida foram feitos ajustes e revisão da vetorização, resultando nos polígonos de áreas verdes, apresentadas em um mapa de área verdes da sede do município de Campos dos Goytacazes.

Todos os dados cartográficos utilizados foram integrados e padronizados para o sistema de coordenadas UTM, Datum SIRGAS 2000, fuso 24S. Posteriormente, foram estimados os índices e confeccionados os mapas temáticos que deram suporte para a análise quantitativa e qualitativa do trabalho. Foram produzidos os seguintes mapas temáticos: mapa de áreas arborizadas; mapa de áreas verdes urbanas; mapa do percentual de áreas verdes por setor censitário; mapa do índice de áreas verdes por setor censitário; mapa da densidade populacional por setor censitário e o mapa da porcentagem de domicílios que possuem renda menor ou igual a um salário mínimo por setor censitário.

2.5 Análise quali-quantitativa

As imagens obtidas no Google Earth Pro foram usadas na elaboração do mapa de áreas arborizadas. As áreas arborizadas com mais de 50 m² foram vistoriadas, por pesquisa de campo, para verificar se o local atende os critérios necessários para classificá-lo como áreas verdes urbanas. A partir do mapa de áreas verdes urbanas foi possível estimar índices para a área total e para cada setor censitário. Em seguida, o Percentual de Área Verde (PAV) foi estimado segundo a metodologia proposta por Bargas (2010), que consiste na divisão entre o somatório das áreas verdes em m² (ΣAV), com a área do local estudado em m² (AT). O resultado é expresso em porcentagem, conforme Fórmula 1. O PAV foi calculado para área total e para cada setor censitário.

$$PAV = \frac{\Sigma AV}{AT} \times 100 \quad (1)$$

Outro parâmetro estudado foi o Índice de Área Verde por Habitante (IAVHab), que, segundo Bargas (2010), é a divisão do somatório das áreas verdes em m² (ΣAV), com o número de habitantes da área estudada (Hab). O resultado foi expresso em m²/hab, conforme Fórmula 2. O IAVHab foi calculado para área total e para cada setor censitário.

$$IAVHab = \frac{\Sigma AV}{Hab} \quad (2)$$

A análise qualitativa foi baseada na distribuição espacial das áreas verdes urbanas. A análise foi feita em toda área de estudo, bem como nos setores censitários individualizados. Para tanto, foi produzido o mapa temático do PAV, IAVHab, densidade populacional e porcentagem de domicílios que possuem renda *per capita* menor ou igual a um salário mínimo, ambos deram suporte às análises. A análise qualitativa está interessada na disposição das áreas verdes pelos setores censitários, suas funções desempenhadas atualmente e os problemas de sua ausência ou descontinuidade ao longo do perímetro da cidade.

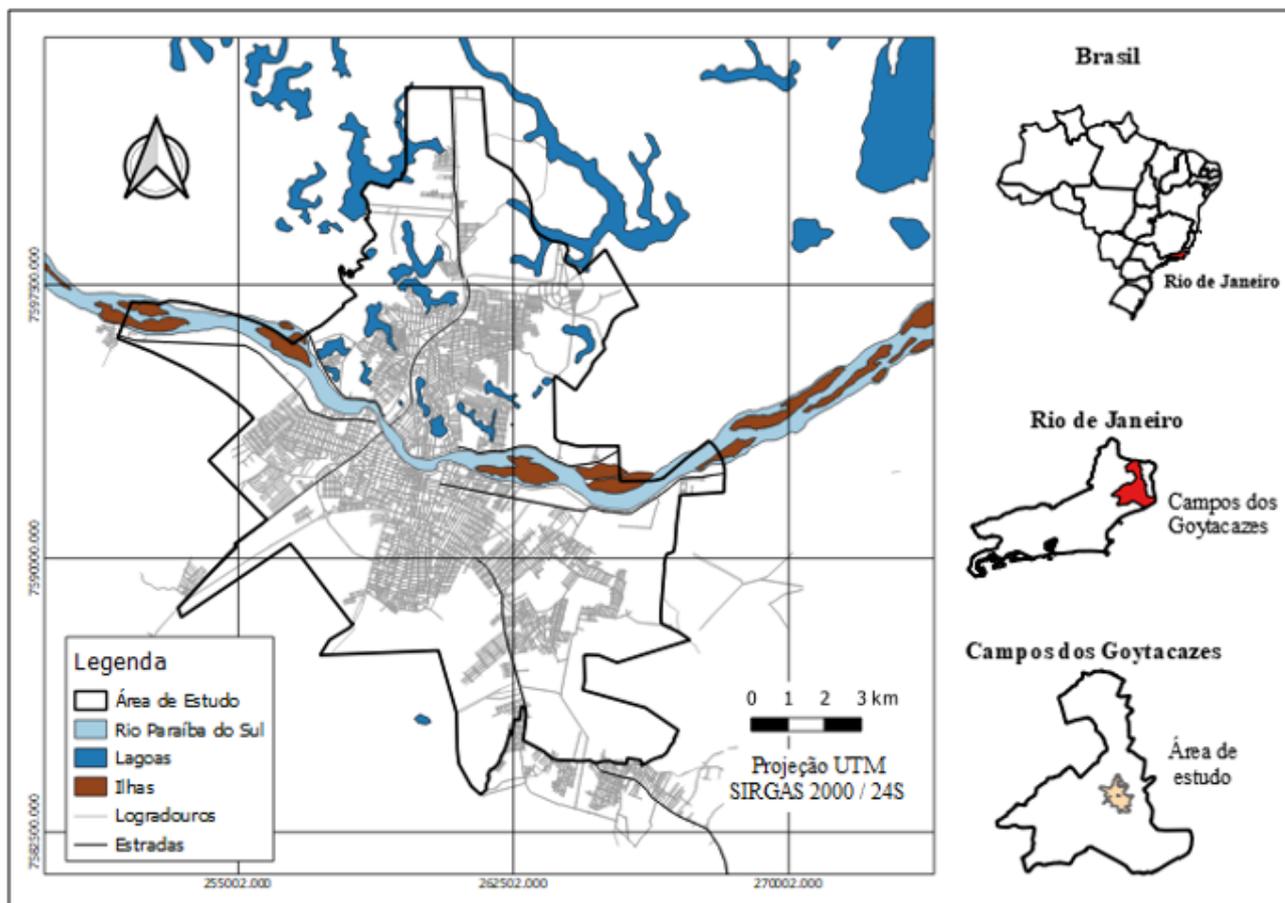
Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

3 Resultados e discussão

3.1 Caracterização da área estudada

Após o processo de seleção da área de estudo, foi confeccionado o mapa de localização da área pesquisada (Figura 3). A área estudada conta com 424 setores censitários urbanos e juntos possuem 142,09 km². Segundo o censo demográfico do IBGE do ano de 2010, a área selecionada possui população de 315.142 habitantes. Além disso, a área estudada é cortada pelo rio Paraíba do Sul.

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo

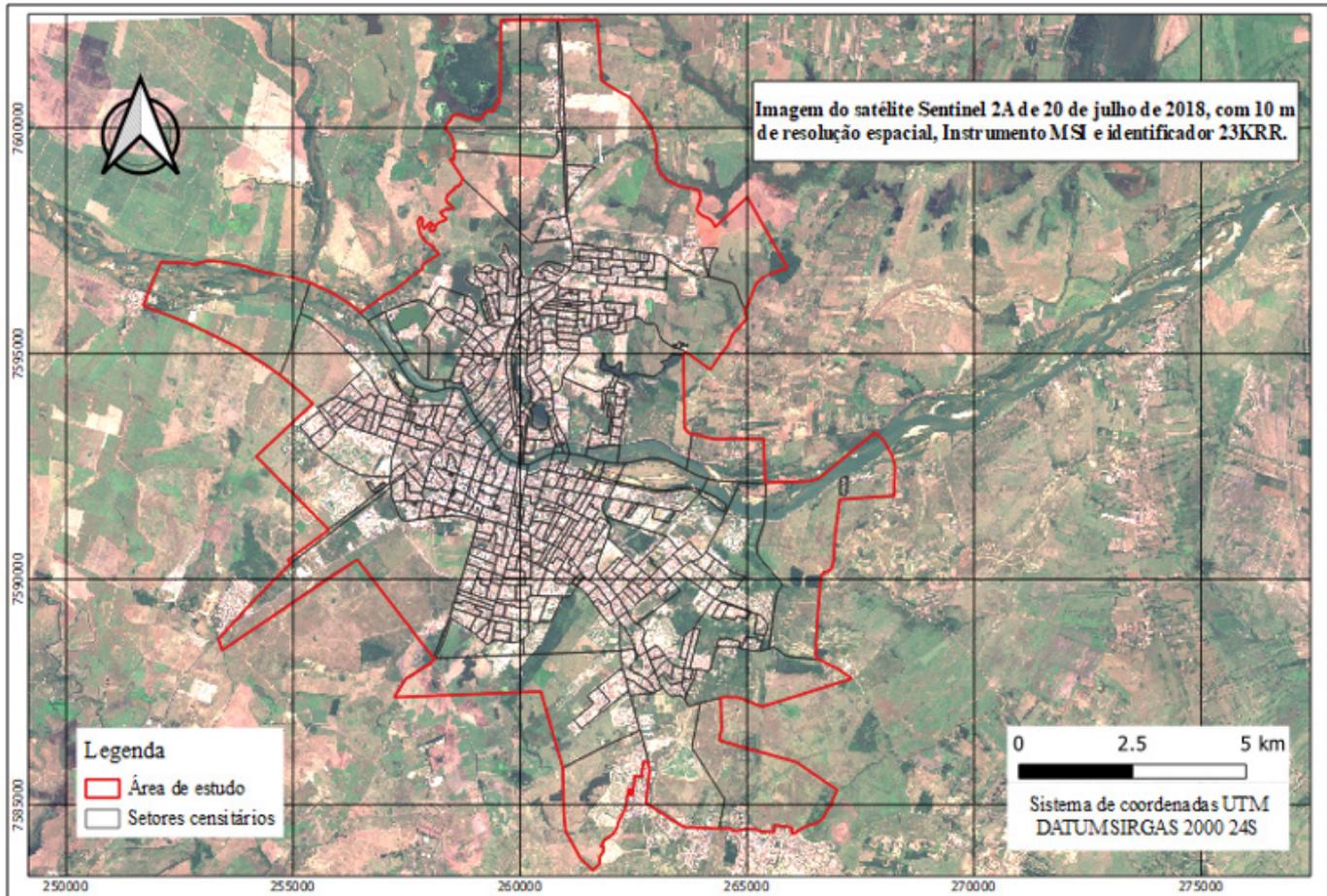


Fonte: Elaborado pelos autores

A área de estudo possui áreas construídas, livres de construções e corpos hídricos. Através do recorte da imagem do satélite Sentinel 2A (Figura 4), é possível visualizar a espacialização da área consolidada com construções, área possíveis de expansão urbana, além de corpos hídricos e vegetação.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 4. Área selecionada para pesquisa



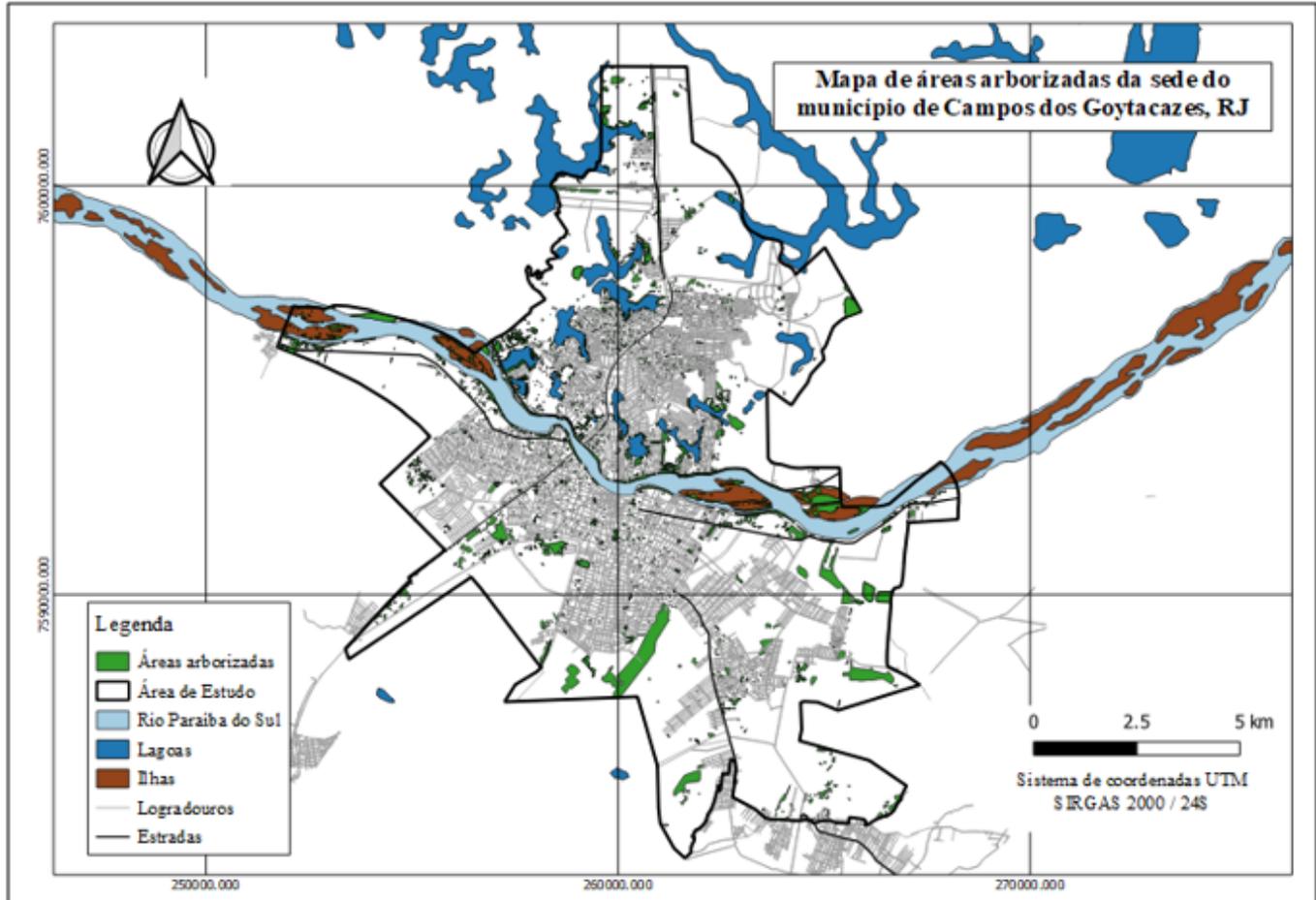
Fonte: Elaborado pelos autores

3.2 Confeção do mapa de áreas verdes urbanas

Na primeira etapa, foi feito o mapa de áreas arborizadas (Figura 5), resultado da interpretação e vetorização em imagens de satélite. O mapa de predominância de vegetação arbórea serviu de suporte para realização do trabalho de campo, possibilitando a visualização da espacialização das áreas a serem visitadas e classificadas ou não como área verde urbana.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
 Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 5. Mapa de áreas arborizadas



Fonte: Elaborado pelos autores

O trabalho de campo foi realizado no período de agosto de 2018 a maio de 2019 e contemplou toda a área estudada. Todas as áreas com predominância de vegetação arbórea foram visitadas (cerca de 80 áreas ao todo, algumas com vários polígonos), analisadas e classificadas como área verde ou não. A Figura 6 caracteriza exemplos de áreas arborizadas mapeadas e analisadas no trabalho de campo. A Figura 6A é uma plantação de eucalipto, afastada das construções, próximo ao bairro Parque São Benedito, com 150.617 m² de área e solo totalmente permeável. Porém, a plantação tem objetivos econômicos, com o corte e venda da madeira. Portanto, a área não atende aos critérios estabelecidos na pesquisa, não sendo classificada como área verde urbana.

A Figura 6B é uma área de proteção ambiental de um cemitério privado, medindo 21.883 m² de área, solo totalmente permeável e com predominância de vegetação arbórea. Neste contexto, a área satisfaz aos critérios estabelecidos na pesquisa e, portanto, foi classificada como área verde urbana.

A Figura 6C é uma área com presença de árvores, localizada entre os bairros Flamboyant e Parque Jockey Club, medindo 188.344 m². No entanto, no trabalho de campo foi constatado que a área não tem predominância de vegetação arbórea, apresentando trechos com muitas plantas herbáceas e arbustivas. Portanto, por não atender aos critérios da pesquisa, a referida área não foi classificada como área verde urbana.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

A Figura 6D é uma área particular arborizada no bairro Parque Prazeres, medindo 24.999 m² de área. A área tem a predominância de vegetação arbórea e mais de 70% de solo permeável. Além disso, possui finalidade estética, portanto a área foi classificada como área verde urbana.

Observa-se na Figura 6E, dois fragmentos de vegetação arbórea, localizados próximo a localidade de Martins Laje, afastadas das construções e medindo um total de 187.071 m² de área. No trabalho de campo, foi confirmado que as áreas têm predominância de vegetação arbórea, são fragmentos remanescente de vegetação nativa, possuem solo totalmente permeável e desempenham funções ecológicas, portanto foram classificadas como áreas verdes urbanas.

Figura 6. Imagens de algumas áreas analisadas no trabalho de campo. (A) Plantação de eucalipto; (B) Área de preservação em cemitério privado; (C) Área arborizada entre os bairros Flamboyant e Parque Jockey Club; (D) Área arborizada privada no bairro Parque Prazeres; (E) Mata próxima a localidade de Martins Laje.



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)

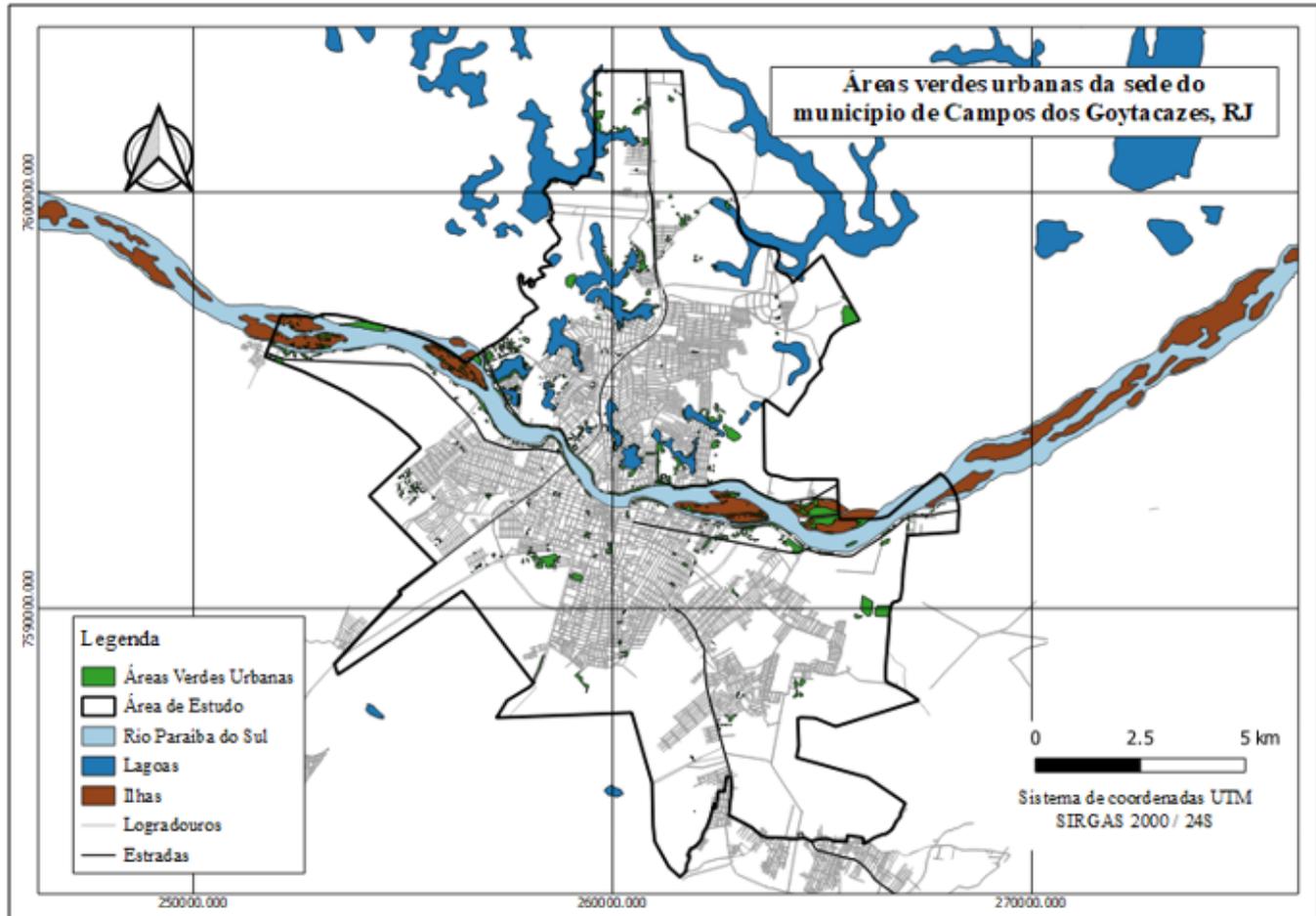
Fonte: Os recortes (A, C e E) são da imagem do satélite Sentinel 2A, 2018 e os recortes (B e D) são de imagens extraídas do software Google Earth Pró, 2018, adaptado pelos autores.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Após a realização do trabalho de campo, foi possível confeccionar o mapa de áreas verdes urbanas, (Figura 7), contendo todas as áreas classificadas de acordo com os critérios da pesquisa. O referido mapa, sustentou as estimações dos índices, verificação da distribuição forma e tamanho das áreas verdes.

Figura 7. Mapa das áreas verdes urbanas



Fonte: Elaborado pelos autores

Observam-se, na Figura 7, várias lagoas na região norte do mapa. Os entornos dessas lagoas possuem potencial para ocupação de áreas verde. No entanto, verifica-se a ausência de vegetação em muitos trechos. Além disso, observam-se as pressões impostas pela urbanização em corpos hídricos, com o estabelecimento de logradouros às margens de lagoas e do rio Paraíba do Sul.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

3.3 Análises quantitativa e quantitativa

A análise quantitativa baseou-se nos índices como PAV e IAVHab. Já a análise qualitativa, foi feita através da interpretação e confrontação dos mapas produzidos no estudo. Com o mapa de áreas verdes definido, foi possível calcular o PAV e o IAVHab (Tabela 1). Os índices foram calculados para área total e para os setores censitários individualizados, permitindo a realização de análises da área como um todo e em trechos. Os dados da Tabela 1 confirmam a interpretação visual do mapa das áreas verdes de Campos dos Goytacazes, pois cerca de 70% dos setores censitários não têm nenhuma área verde.

Tabela 1. Percentual de áreas verdes (PAV) e índice de áreas verdes por habitantes (IAVHab) dos setores censitários (S.C.) urbanos da sede do município de Campos dos Goytacazes, RJ

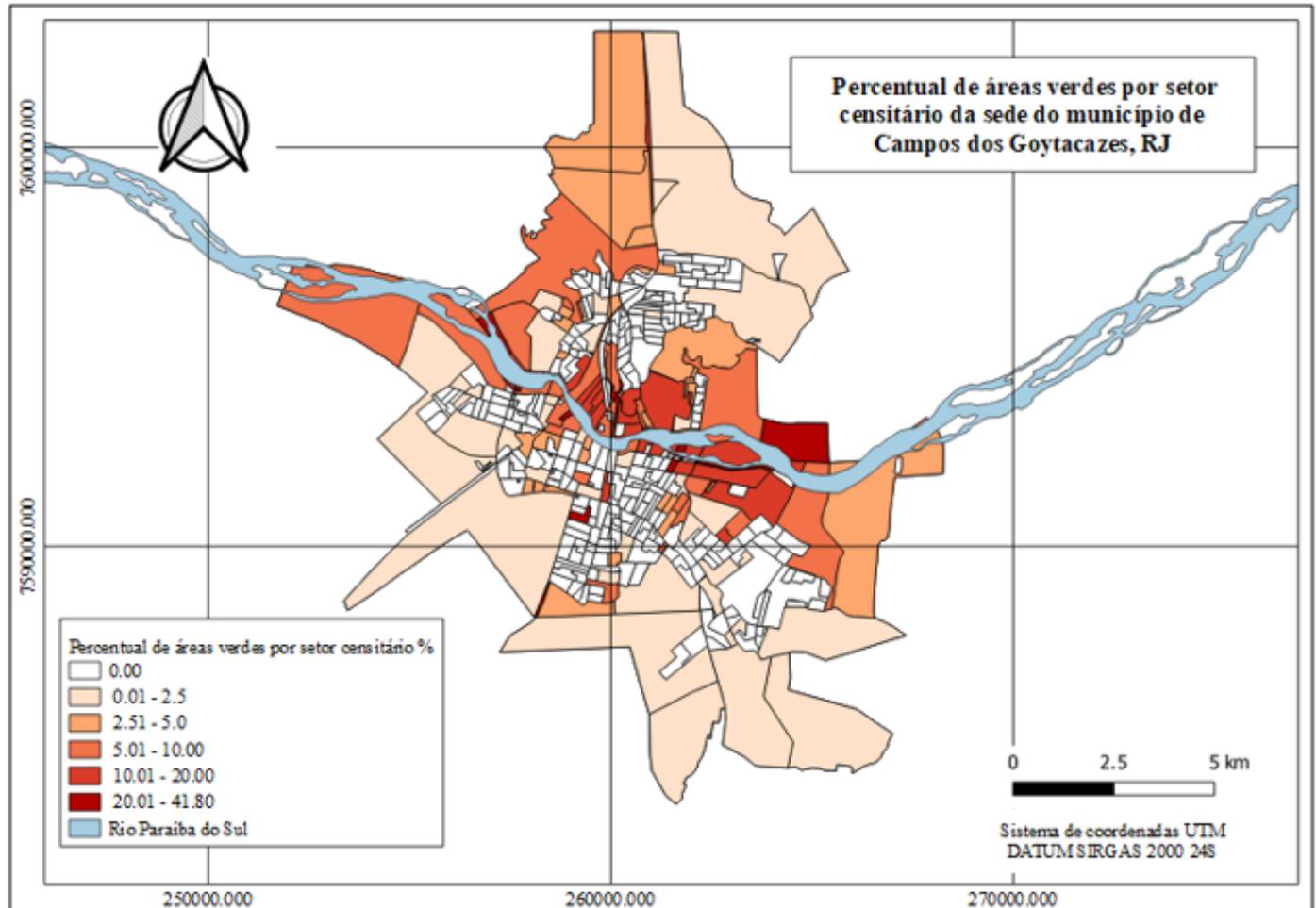
PAV			IAVHab			
Intervalo PAV (%)	S.C. (un.)	Porcentagem	Intervalo IAVHab (m ² /hab.)	S.C. (un.)	Porcentagem	
0	298	70,30	0	298	70,30	
0 – 2,50	38	8,96	0,01 – 7,49	47	11,08	
2,51 – 5,0	28	6,60	7,51 – 14,99	6	1,41	
5,01 – 10,0	27	6,36	15,00 – 29,99	19	4,48	
10,01 – 20,0	21	4,95	30,00 – 59,99	14	3,30	
20,01 – 41,8	12	2,83	60,00 – 2707,50	40	9,43	
Total	424	100		424	100	

Fonte: Elaborado pelos autores

O valor do PAV da área total foi de 2,5%, resultado da divisão do total de áreas verdes encontradas (3,55 km²) pelo valor da área total estudada (142,09 km²), multiplicado por 100. A Figura 8 foi elaborada para uma avaliação espacial e classificatória dos 424 setores censitários da cidade. As áreas em branco do mapa totalizam 298 setores censitários (70,3%) que não possuem áreas verdes, com PAV igual a 0%. Ao analisar a espacialização do mapa PAV (Figura 8), verifica-se maior percentual de áreas verdes urbanas no trecho onde o rio Paraíba do Sul passa, isso ocorre devido à presença de fragmentos de mata ciliar na borda do rio e de ilhas.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 8. Mapa do percentual de áreas verdes (PAV) por setor censitário da sede do município de Campos dos Goytacazes, RJ

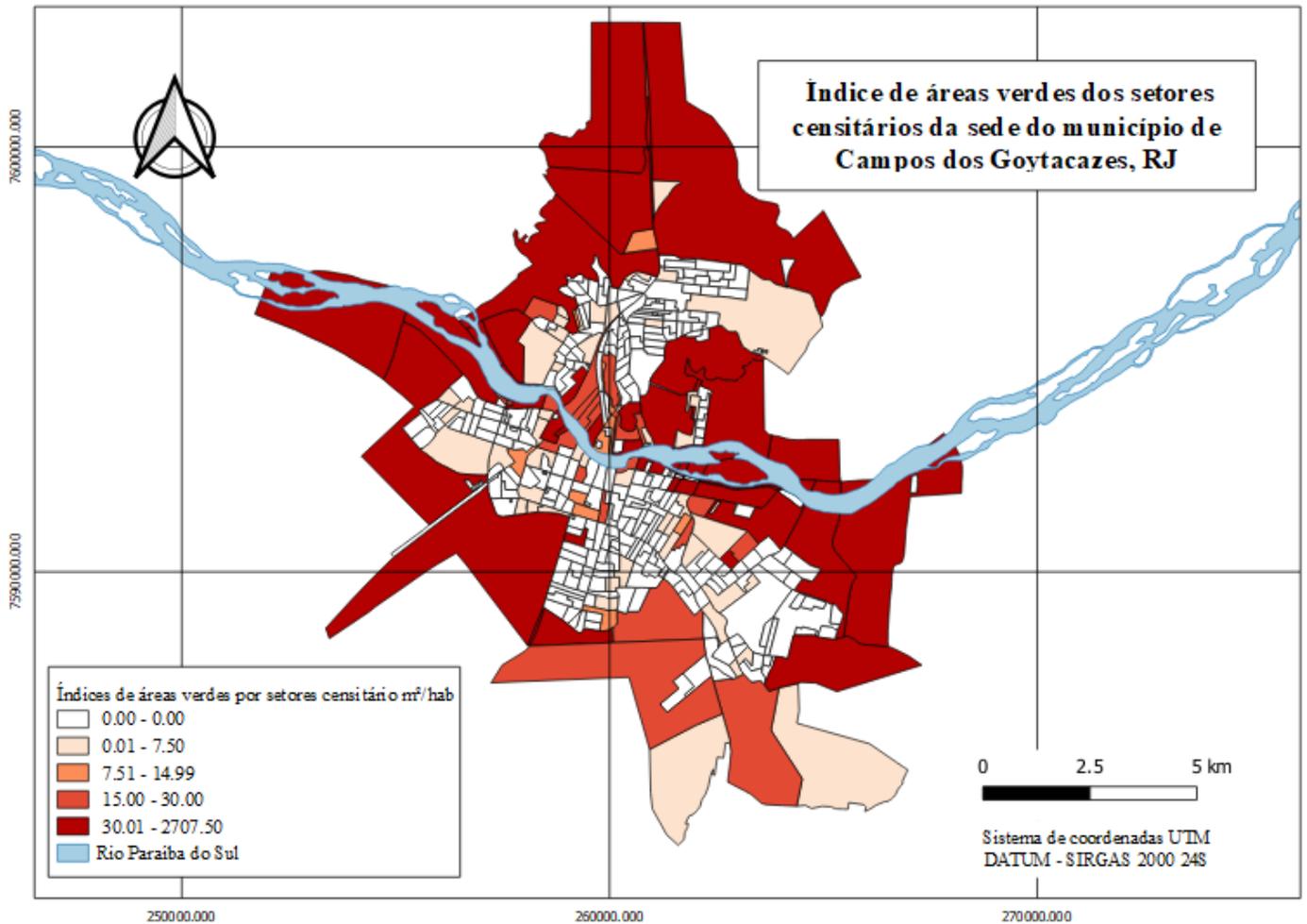


Fonte: Elaborado pelos autores

O IAVHab obtido para área total foi de 11,26 m²/hab., resultado da divisão do total de áreas verdes encontradas (3.550.000 m²) pelo número de habitantes (315.135) da área de estudo. O IAVHab foi calculado para cada setor censitário: 70,3% dos setores censitários com IAVHab igual a zero, 12,49% dos setores censitários com IAVHab em até 14,99 m²/hab e 17% dos setores censitários com IAVHab maior ou igual a 15 m²/hab. A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU, sugere o mínimo de 15 m²/hab. de áreas verdes públicas destinada à recreação (SBAU, 1996 *apud* BERTINI *et al.*, 2016). No entanto, foi encontrado na área estudada 0,66 m²/hab. de áreas verdes com as características mencionadas anteriormente, aquém do limite mínimo recomendado. Portanto, há carência de áreas verdes na área estudada e quando se trata de áreas verdes públicas destinadas à recreação, o *deficit* aumenta. Para a visualização e análise da distribuição espacial do IAVHab na área de estudo, foi confeccionado o mapa do IAVHab por setor censitário (Figura 9).

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
 Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 9. Mapa do índice de áreas verdes (IAVHab) por setor censitário da sede do município de Campos dos Goytacazes, RJ



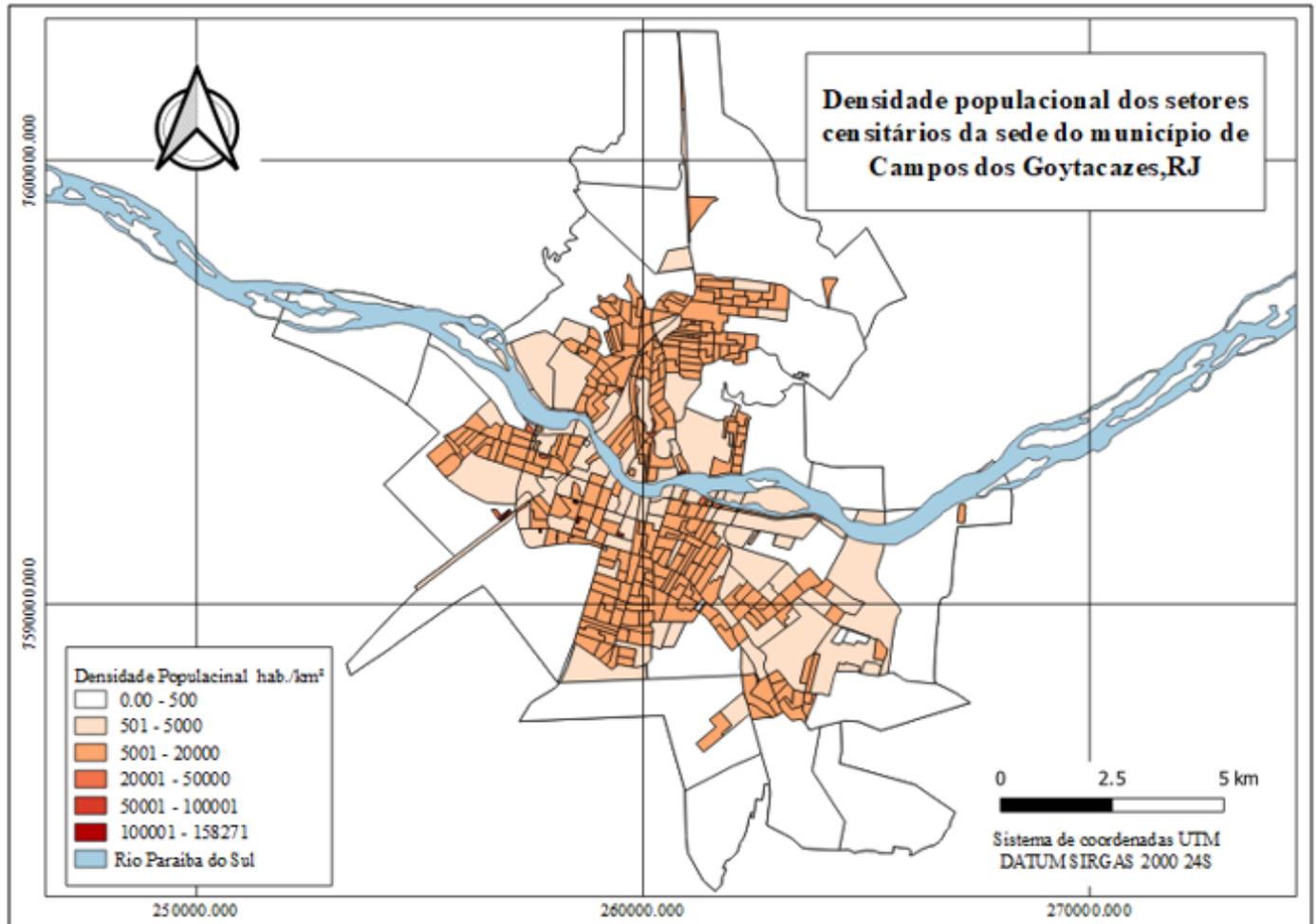
Fonte: Elaborado pelos autores

Ao analisar a espacialização do mapa IAVHab (Figura 9), verifica-se que os setores censitários com índices de áreas verdes mais elevados se encontram às margens do rio Paraíba do Sul e em alguns setores das extremidades do mapa. Por outro lado, verifica-se setores censitários com pouca ou nenhuma área verde na parte central do mapa. Portanto, as áreas verdes se encontram distribuídas de forma heterogênea na área de estudo.

Para a visualização da concentração da população residente na área de estudo, foi confeccionado o mapa de densidade populacional da área (Figura 10). O referido mapa permitiu a visualização da espacialização da concentração de pessoas por setor censitário, servindo de suporte para análises da pesquisa.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 10. Mapa da densidade populacional por setor censitário da sede do município de Campos dos Goytacazes, RJ



Fonte: Elaborado pelos autores

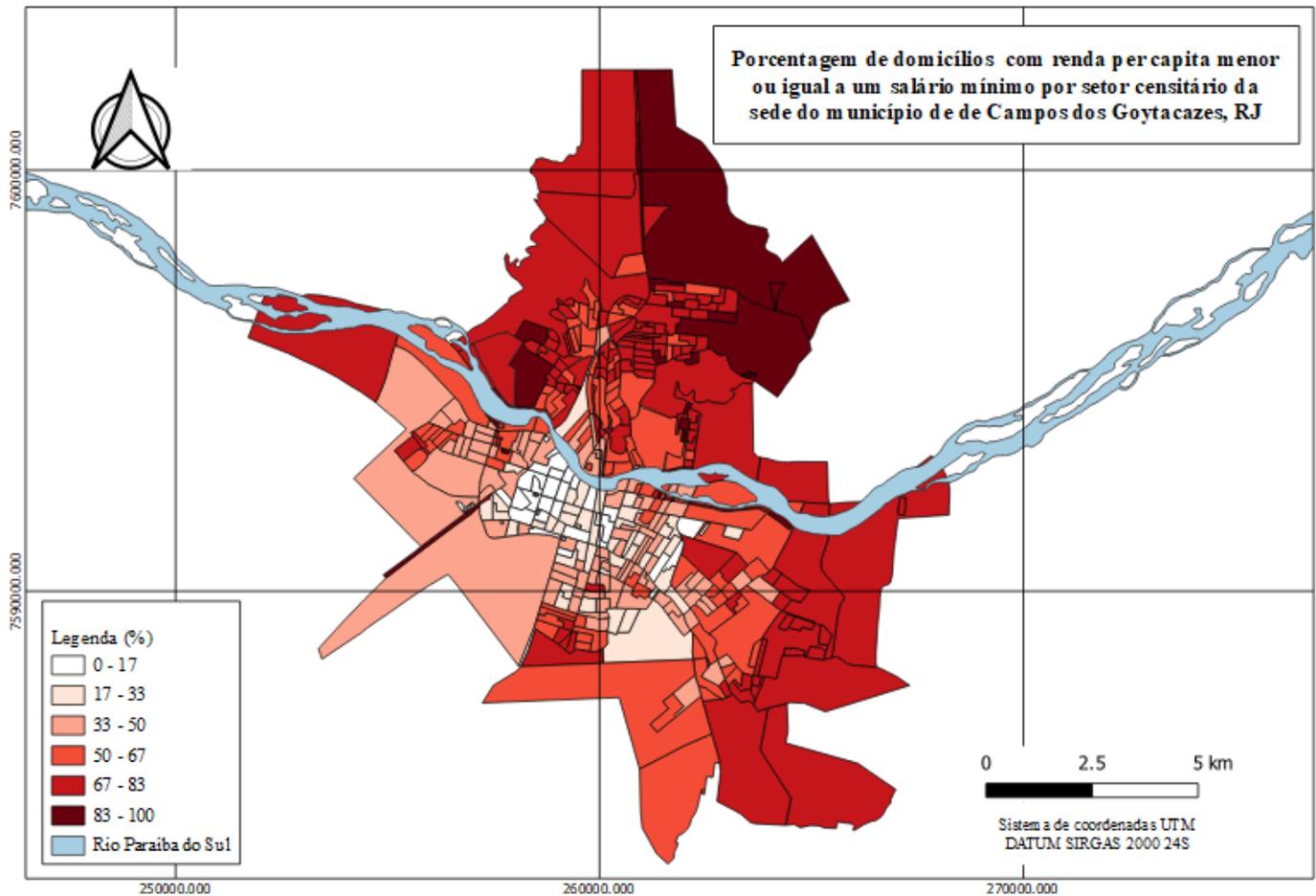
Pode-se observar, na Figura 10, que a parte central do mapa contém os setores censitários mais adensados e os setores censitários menos adensados se encontram nas extremidades de todo o mapa. Confrontando o mapa de densidade populacional (Figura 10) com o mapa do PAV (Figura 8), verifica-se que muitos setores censitários com maior densidade populacional possuem PAV zero; enquanto setores censitários menos populosos possuem PAV mais elevados.

Confrontando o mapa do IAVHab (Figura 9) com o mapa de densidade populacional (Figura 10), verifica-se que os maiores índices de áreas verdes se encontram nos setores censitários que possuem menor concentração de pessoas. Por outro lado, muitos setores censitários populosos não possuem áreas verdes, ou seja, IAVHab igual a zero.

Para entender a relação entre às questões econômicas com a falta ou abundância de áreas verdes na área estudada, foi confeccionado um mapa que expressa a porcentagem de domicílios com renda *per capita* menor ou igual a um salário mínimo em cada setor censitário (Figura 11). O referido mapa possibilitou a visualização das áreas pobres e ricas, servindo de suporte para analisar a relação entre a renda *per capita* das famílias e a ocorrência de áreas verdes em cada setor censitário.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

Figura 11. Mapa da porcentagem de domicílios com renda per capita menor ou igual a um salário mínimo por setor censitário da sede do município de Campos dos Goytacazes, RJ



Fonte: Elaborado pelos autores

Confrontando o mapa de porcentagem de famílias com renda menor ou igual a um salário mínimo (Figura 11), com o mapa de densidade populacional (Figura 10) e com os mapas dos índices PAV (Figura 8) e IAVHab (Figura 9), verifica-se que as áreas mais ricas se encontram na região adensada, onde a maioria dos setores censitários possuem pouca ou nenhuma área verde. Observa-se que a falta de áreas verdes não está relacionada às questões econômicas, mas, ao adensamento. No geral, áreas com menor densidade populacional e com menor densidade de construções, independentemente de serem áreas ricas ou pobres, possuem mais áreas verdes.

Para avaliar os alcances dos benefícios das áreas verdes urbanas, os trabalhos de Bargas (2010), Ávila e Pancher (2015) e Silva (2018), utilizaram como parâmetro um raio de 500 m a partir da borda dos polígonos das áreas verdes. Esta medida foi estabelecida e justificada pelos autores por ser uma distância possível de se ir caminhando das residências. No entanto, este parâmetro não considera o tamanho da área verde e a quantidade de pessoas residentes do local, podendo superestimar ou subestimar os resultados. Por este motivo, esta análise não foi empregada neste trabalho por não haver consenso sobre uma medida para avaliar o alcance dos benefícios das áreas verdes. Há necessidade de estudos para validar medidas que possam analisar adequadamente a influência das áreas verdes urbana para fora dos seus limites.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

4 Considerações finais

Conclui-se que a sede do município de Campos dos Goytacazes (RJ) possui *deficit* de áreas verdes urbanas. Com percentual baixo de áreas verdes e relação área verde por habitante aquém dos 15 m²/hab., mínimo recomendado. Quando se trata de áreas verdes públicas destinada à recreação, a área estudada apresenta *deficit* ainda maior.

As áreas verdes existentes estão mais concentradas na borda do rio Paraíba do Sul (área de preservação) e em locais afastados da área construída da cidade onde a densidade populacional e a densidade de áreas construídas são menores, isso ocorre independentemente da situação econômica das famílias de cada setor censitário, ou seja, a falta de áreas verdes não está relacionada às questões econômicas, mas ao adensamento. Em contrapartida, pouco mais de 70% dos setores censitários não possuem áreas verdes, porém apresentam densidade populacional elevada, em torno de 20.000 hab./km².

O estudo aponta a necessidade de se implantar áreas verdes urbanas, principalmente públicas, destinadas à recreação e em locais densamente povoados. As áreas verdes localizadas em áreas densamente povoadas são fundamentais para melhorar a qualidade de vida da população, dar oportunidade de fuga do ambiente urbano construído, servir de área de lazer, proporcionar contato com a natureza e melhorar a qualidade do ar.

Por fim, os resultados obtidos contribuem com informações para o embasamento de políticas públicas para o planejamento e desenvolvimento de ações relacionadas ao tema, visando minimizar os impactos ambientais causados pela urbanização e promovendo o equilíbrio ambiental.

Referências

ÁVILA, M. R.; PANCHER, A. M. Estudo das áreas verdes urbanas como indicador de qualidade ambiental do município de Americana, SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 67, n. 3, p. 527-544, maio/jun. 2015.

BARGOS, D. C. **Mapeamento e Análise das Áreas Verdes Urbanas como Indicador da Qualidade Ambiental Urbana: estudo de caso de Paulínia-SP**. 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286912>. Acesso em: 15 maio 2018.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas Verdes Urbanas: Um Estudo de Revisão e Proposta Conceitual. **REVSBAU**, Piracicaba, SP, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com a aplicação de geotecnologias. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, ano 24, n. 1, p. 143-156, jan./abr. 2012.

BERTINI, M. A. *et al.* Public green areas and urban environmental quality of the city of São Carlos, São Paulo, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 3, p. 700-707, 19 abr. 2016.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 20 mar. 2019.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ. Prefeitura Municipal de Campos dos Goytacazes. **Lei 7.973, de 31 de março de 2008**. Perímetros Urbanos do Município de Campos dos Goytacazes, Campos dos Goytacazes, RJ, março 2008. 10 p.

CAVALHERO, F.; DEL PICCHIA, P. C. D. Áreas verdes: conceitos, objetivos, diretrizes para o planejamento. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1.; ENCONTRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4., Vitória, 1992. **Anais** [...]. Vitória: [s. n.], 1992. p. 29-38.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População do Município de Campos dos Goytacazes**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/campos-dos-goytacazes/panorama>. Acesso em: 25 jul. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População dos Municípios do Estado do Rio de Janeiro**. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/resultados/tabelas_pdf/total_populacao_rio_de_janeiro.pdf. Acesso em: 25 jul. 2018.

LONDE, P. R.; MENDES, P. C. A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana. **Hygeia**, Uberlândia, MG, v. 10, n. 18, p. 264 - 272, jun. 2014.

LONGLEY, P. A. *et al.* **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Porto Alegre: Bookman, 2013. 540p.

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

MELO, T. T.; ARAÚJO, R. S. Processo urbano e ocupação espontânea: Campos dos Goytacazes. **Perspectivas Online: humanas e sociais aplicadas**, Campos dos Goytacazes, v. 9, n. 4, p. 56-69, 2014.

NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília, MSP. São Paulo: Humanitas, 2001. 235 p.

OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos (SP) com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes**: diagnóstico e proposta. 1996. 196 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos/SP, 1996. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1950/mestrado-carlos-henke-oliveira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 maio 2018.

SANTOS, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Edusp, 2001. 384p.

SILVA, L. C. **O mapeamento das áreas verdes urbanas de Uberlândia (MG)**: análise da concentração de investimentos públicos. 2018. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia e Ordenamento do Território, Universidade Federal de Goiás, Catalão (GO), 2018. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8336/5/Disserta%3%a7%3%a3o%20-%20Laira%20Cristina%20da%20Silva%20-%202018.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2019.

Uso de geotecnologias para mapeamento e análise de áreas verdes urbanas no município de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil
Carlos Eduardo de Souza, Ítalo de Oliveira Matias, Milton Erthal Júnior

SPÓSITO, M. E. B. Os embates entre as questões ambientais e sociais no urbano. *In*: CARLOS, A. F.; LEMOS, A. I. G. (org.). **Dilemas Urbanos**: novas abordagens sobre a cidade. São Paulo: Contexto, 2003. 430p.

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. **Landscape And Urban Planning**, v. 125, p. 234-244, May 2014.