

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA MAPEAMENTO URBANO COM IMAGENS ORBITAIS E ALGORITMOS DE APRENDIZADO DE MÁQUINA

PAULO ROBERTO DA SILVA RUIZ

¹Fatec Adamantina - Ciência de Dados

paulo.ruiz2@fatec.sp.gov.br

Title: Development of Methodology for Urban Mapping with Orbital Images and Machine Learning Algorithms

Eixo Tecnológico: Informação e Comunicação

Resumo

O rápido crescimento urbano aumenta os desafios do planejamento das cidades, o qual é responsável por políticas públicas que corroboram com o bem-estar socioeconômico da população que ali reside. Nesse sentido, a utilização de geotecnologias contribui com o desenvolvimento de projetos de intervenção urbana. Dados espaciais, como imagens de satélites de alta resolução espacial, geralmente são caros e necessitam de mão de obra especializada para extração de informação e geração de mapas temáticos para subsidiar tais projetos. A adoção de modernas técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas ao Aprendizado de Máquina é capaz de contribuir com esse desafio barateando custos e automatizando processos de extração de informação. É o caso da utilização de imagens orbitais gratuitas do satélite sino-brasileiro CBERS-4A, o qual disponibiliza imagens com resolução espacial de até dois metros em quatro bandas espectrais. Para a realização de classificações automáticas podem ser utilizados algoritmos de mineração de dados que apresentam elevada acurácia. Assim, o objetivo deste projeto é avaliar se os dados CBERS 4A são capazes de gerar classificações de cobertura do solo urbano para subsidiar trabalhos de mapeamento, monitoramento e localização de intervenções do poder público municipal. A metodologia contemplará a utilização de técnicas consagradas de Aprendizado de Máquina para a realização automática de classificação de dados espaciais. Com a consecução deste projeto, espera-se alcançar resultados de mapeamentos com elevadas acurácias, qualificando a metodologia a ser adotada em projetos de políticas públicas municipais. Assim, será possível disponibilizar e aplicar uma metodologia gratuita de processamento de dados espaciais em Projetos de Extensão Universitária em parceria com prefeituras municipais nas etapas seguintes deste projeto.

Palavras-chave: *Sensoriamento Remoto, Ciência de Dados, Métodos Computacionais, Aprendizado de Máquina, Políticas Públicas.*

Abstract

The rapid urban growth increases the challenges of city planning, which is responsible for public policies that corroborate the socioeconomic well-being of the resident population. In this context, the use of geotechnologies contributes to the development of urban intervention projects. Spatial data, such as high spatial resolution satellite images, are generally expensive and require specialized labor for information extraction and thematic map generation to support such projects. The adoption of modern Remote Sensing techniques combined with Machine Learning can help address this challenge by reducing costs and automating information extraction processes. This is the case with the use of free orbital images from the Sino-Brazilian satellite CBERS-4A, which provides images with a spatial resolution of up to two meters in four spectral bands. For automatic classifications, data mining algorithms with high accuracy can be used. Thus, the objective of this project is to evaluate whether CBERS-4A data can generate urban land cover classifications to support mapping, monitoring, and location of municipal public interventions. The methodology will include the use of established Machine Learning techniques for the automatic classification of spatial data. With the completion of this project, we expect to achieve mapping results with high accuracy, qualifying the methodology to be adopted in municipal public policy projects. Therefore, it will be possible to provide and apply a free spatial data processing methodology in University Extension Projects in partnership with municipal governments in the subsequent stages of this project.

Key-words: *Remote Sensing, Data Science, Computational Methods, Machine Learning, Public Policy.*

1. Introdução

Nos últimos 50 anos a humanidade vivenciou um crescimento exponencial do contingente populacional urbano em relação ao rural. Dados da ONU revelam que na década de 1970 a população urbana perfazia menos de 40% da mundial. A partir daí, em aproximadamente 35 anos, houve a superação histórica em relação à rural, continuando em rápido crescimento até hoje [1]. No Brasil, essa superação ocorreu ainda na década de 1960, e atualmente mais de 85% da população vive em cidades [2].

O crescimento populacional urbano foi inspirado por fatores como a ascensão da demanda por empregos, serviços, consumo e industrialização, ocorrendo de forma desorganizada. Essa característica proporcionou o aparecimento de problemas originados na pressão sobre a infraestrutura urbana [3]. Abertura de bairros distantes, em áreas de especulação imobiliária, muitos deles sem saneamento básico, asfalto e transporte levam a população de baixa renda a residirem cada vez mais distantes do centro da cidade e de seus empregos. Dessa forma, são evidenciados diversos problemas que afetam a qualidade de vida urbana. Por exemplo, a carência de áreas verdes em parques, praças e vias impacta no microclima urbano. O crescimento urbano via especulação imobiliária sem o devido planejamento do poder público municipal provoca precariedade na infraestrutura oferecida à população, a qual é estratificada socialmente por meio de seu Código de Endereçamento Postal (CEP) [4].

A infraestrutura é importante para a qualidade de vida nas cidades. Residir distante do emprego eleva a pressão sobre o transporte público, o qual necessita de ampliações e adequações. Isso provoca maior circulação de veículos automotores, em sua quase totalidade movidos por combustíveis fósseis, situação que afeta a qualidade do ar das cidades. Obras de infraestrutura cada vez mais distantes elevam gastos com ampliações de vias asfaltadas, calçamento, redes de abastecimento de água, esgoto, energia e serviços diversos. Esses gastos poderiam ser minimizados se as cidades crescessem de forma planejada, ocupando os vazios urbanos e sendo aprovados novos residenciais contíguos aos bairros já existentes [5].

Esses elementos evidenciam que é urgente investimentos em estudos, levantamentos e monitoramento das cidades para serem utilizados em políticas públicas de intervenção urbana na esfera das atividades de planejamento das prefeituras municipais. Dessa maneira, o Sensoriamento Remoto (SR) aliado as técnicas de Aprendizado de Máquina (AM) estabelecem uma possibilidade para melhoria desse cenário, pois facilitam processos de alimentação de banco de dados, que são subsídios para a formulação de novas metodologias para estudos e análises urbanas [6].

O princípio básico do SR remete à sua capacidade de obter dados de uma dada superfície à distância, ou seja, sem contato com o alvo. Foi a partir da década de 1970, com o lançamento de satélites com fins civis, como a série precursora LANDSAT, que houve um aprofundamento de análises de dados orbitais para diversos fins, os quais possibilitaram um novo olhar sobre a superfície terrestre e seus elementos [7]. Basicamente, os sensores embarcados em satélites operam em diferentes espectros da radiação eletromagnética, sendo possível diferenciar os alvos através de radiação eletromagnética refletida por eles para o espaço. Cada objeto reflete uma determinada quantidade em cada faixa (ou banda) espectral, variando conforme suas propriedades físico-químicas [8].

Um dos grandes desafios relacionados ao processamento de dados espaciais é a extração de informação. O SR contribui com a obtenção de dados, pois inúmeros satélites estão em órbita os obtendo e enviando para as estações de coleta a todo instante, pressionando os métodos e algoritmos de AM [9]. Nesse contexto, ganham destaque as diversas técnicas que provêm da análise inteligente e automática de dados para descobrir padrões ou regularidades em grandes

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

conjuntos de dados através de métodos matemáticos e diversos tipos de algoritmos, os quais fazem parte do paradigma da Descoberta de Conhecimento em Banco de Dados (KDD, do inglês Knowledge Discovery in Databases) [10]. KDD refere-se ao processo de descoberta de conhecimento, sendo considerada uma tentativa de solucionar o problema da sobrecarga de dados causada pela chamada “era da informação” [11].

Dados espaciais, como imagens orbitais, podem contribuir com atividades de planejamento urbano, subsidiando de informações a implantação de políticas públicas municipais. O controle de impactos no ambiente urbano, sejam ambientais ou humanos, requer a articulação com a gestão territorial. A maior parte dos dados envolvidos nessa questão são de natureza espacial ou espaço-temporal [12]. Atualmente, verifica-se que na maioria das prefeituras brasileiras há uma falta de mapeamentos, profissionais, equipamentos e recursos voltados para a obtenção e processamento de dados espaciais, bem como para a geração de informação a partir desses dados [13]. Tal carência refere-se, principalmente, à deficiência na capacitação dos profissionais que trabalham com dados espaciais. No entanto, a geração desse tipo de dado, seu armazenamento, manipulação e extração de informação não se restringe apenas às equipes de secretarias específicas, como de planejamento ou meio ambiente [14], todas as secretarias da esfera pública municipal trabalham com dados espaciais.

Assim, uma base cartográfica atualizada com os dados espaciais de toda a cidade torna-se essencial para o desenvolvimento de políticas públicas [15]. Na área ambiental, o geoprocessamento é útil para monitorar áreas com maior necessidade de proteção. Nesse contexto, trata-se de acompanhar, por exemplo, a evolução da poluição da água e do ar, os níveis de erosão do solo, a disposição irregular de resíduos e o gerenciamento dos serviços de limpeza pública. A partir de uma base cartográfica que inclua informações socioeconômicas sobre equipamentos públicos é possível identificar áreas com maior carência, além de facilitar a escolha dos melhores locais para instalação de equipamentos e serviços públicos [4].

Um outro exemplo seria o mapeamento arbóreo da cidade, a caracterização da distribuição de árvores por bairros, a relação entre arborização e população, juntamente com dados socioeconômicos são determinantes para a participação da cidade no Programa Município Verde Azul (PMVA) da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Este programa destina recursos para serem investidos na manutenção de áreas verdes municipais selecionando espécies a serem utilizadas, preferencialmente as nativas da região, incluindo a manutenção de um viveiro municipal para suprimento de mudas, tanto para a arborização urbana, quanto para recuperação de mata ciliar [16].

Nesse sentido, o objetivo geral deste projeto consiste em criar e disponibilizar uma metodologia de processamento de dados espaciais para as prefeituras municipais. Promover e estimular o uso de imagens orbitais gratuitas para subsidiar trabalhos de mapeamento, monitoramento e localização de intervenções do poder público municipal. Dessa forma, possibilitar adequação tecnológica com o uso de modernas ferramentas de processamento e análise de dados espaciais com o uso de técnicas de Geoprocessamento e de algoritmos de Aprendizado de Máquina.

Para a consecução do objetivo geral, neste trabalho são contemplados os seguintes objetivos específicos:

- Obter imagens gratuitas de satélites orbitais sobre a área de estudo para avaliar seu potencial em mapeamentos urbanos através de classificações da cobertura do solo utilizando algoritmos de Aprendizado de Máquina.
- Criar metodologia de processamento de dados espaciais utilizando técnicas de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Aprendizado de Máquina para aplicações urbanas selecionadas, envolvendo a comunidade acadêmica.

- Aplicar a metodologia de processamento de dados espaciais como Projeto de Extensão em secretarias municipais selecionadas na área de estudo e adequando as aplicações conforme as necessidades locais.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de Estudo

O projeto será aplicado em Adamantina, cidade localizada no interior oeste do estado de São Paulo. Possui área total de 411,781 km², com coordenadas centrais 21°41'06''S e 51°04'22''O. Possui 34.687 habitantes, sendo que mais de 90% residem em sua área urbana. Sua economia é baseada principalmente em atividades agropecuárias, como a plantação de cana-de-açúcar e a criação de gado de corte e leiteiro. Seu comércio abastece as pequenas cidades vizinhas, além de ser um polo de atração de atendimentos de saúde e de educação contando com diversas escolas técnicas, faculdades e universidade [2].

2.2. Materiais

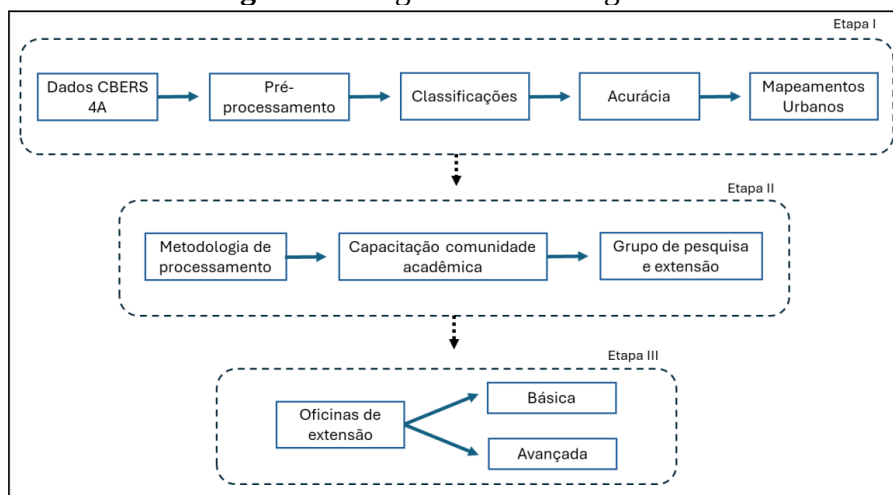
Os dados que serão utilizados neste projeto são provenientes do satélite CBERS 4A, distribuídos gratuitamente e utilizados em diversas aplicações, como controle do desmatamento, monitoramento de recursos hídricos, agricultura, crescimento urbano e educação [17]. A Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) é capaz de capturar imagens em 4 bandas espectrais (azul, verde, vermelho e infravermelho próximo), contando com resolução espacial de 2 metros.

Para o processamento dos dados serão utilizados os seguintes recursos: software gratuito Quantum GIS [18]; software comercial eCognition [19] com licença de estudante; Google Colaboratory (Colab); linguagem de programação Python.

2.3. Metodologia

O fluxograma metodológico (Fig. 1) contempla as etapas: I (será desenvolvida em 2025), II (2026) e III (2027), detalhadas na sequência.

Fig. 1 – Fluxograma metodológico.



Fonte: (Autor, 2025)

2.3.1 Etapa I: Potencial do CBERS 4A para mapeamentos urbanos

Inicialmente será necessário definir aplicações para a avaliação dos dados do CBERS 4A em áreas urbanas. O desafio será realizar classificações onde algoritmos consigam identificar corretamente os alvos com elevada acurácia. Para isso, será adotado o mapeamento da cobertura arbórea, para estimar a porcentagem na cidade, definindo índices por bairro e por população, além da contagem de árvores em calçadas e áreas públicas.

Serão obtidas imagens orbitais de toda a cidade e proceder a etapa de pré-processamento, a qual consiste em [20]:

- Conversão dos dados de nível de cinza para radiância, transformação física que obtém o valor da incidência da radiação solar refletida pelos objetos para o espaço.
- Correção atmosférica, que considera o quanto a contaminação da atmosfera, com gases e partículas, afetou os dados captados pelos sensores, transformando os dados para a grandeza física de reflectância de superfície.
- Fusão de bandas, para combinar a melhor resolução espacial da banda pancromática com as bandas multiespectrais.

Para finalizar esta etapa, serão selecionadas regiões da cidade para proceder à etapa de classificação. Para isso, serão realizados cortes na imagem pré-processada com o uso do QGIS.

A etapa seguinte consiste na realização das classificações da cobertura do solo, definindo as classes que representam os objetos a serem mapeados na cena urbana. Para realizar uma classificação automática é preciso utilizar algoritmos de AM [9]. Serão testadas técnicas supervisionadas e não supervisionadas, as quais se diferenciam em relação a etapa de treinamento, onde amostras previamente classificadas são requeridas na classificação supervisionada, algo desnecessário na não supervisionada [21]. Além disso, são necessárias a extração de atributos para serem utilizadas no treinamento e, dessa forma, ser possível classificar a cena em sua totalidade [22]. Diversas configurações devem ser testadas, tanto em relação aos atributos como em relação aos algoritmos e técnicas de classificação, inclusive a utilização conjunta de diferentes algoritmos para melhorar a acurácia da classificação.

Para realizar a avaliação da qualidade, é necessária a realização de trabalhos de campo para verificar as classes de cobertura do solo e construir o mapa de verdade de solo. Dessa forma, as classificações automáticas podem ser refinadas a fim de verificar seus acertos e erros. Essa é uma etapa que requer comparações, repetições de processos e mudança nos parâmetros de construção do modelo, nos atributos e amostras de treinamento [23]. A capacidade dos dados CBERS 4A será testada na construção de modelos de classificação da cobertura urbana, estudando de suas vantagens e limitações. Isso proporcionará um panorama efetivo da contribuição desses dados em prol de projetos de políticas públicas adotadas pelo poder público municipal.

2.3.2 Etapa II: Metodologia de processamento de dados espaciais

A realização dessa etapa compreende o desenvolvimento de capacitações oferecidas aos alunos da Fatec. O objetivo é criar uma equipe e capacitá-los para atuarem como monitores na próxima etapa do projeto, quando essa metodologia será aplicada aos servidores municipais. Dessa forma, serão desenvolvidas oficinas de capacitação em:

- Geoprocessamento e análise de imagens orbitais.
- Cartografia básica e criação de mapas de cobertura.
- Classificação não supervisionada de imagens orbitais.

- Classificação supervisionada de imagens orbitais.

2.3.3 Etapa III: Aplicação e disponibilização de metodologia para o poder público municipal

Esta etapa será dividida em dois níveis, os quais contemplarão atividades direcionadas a diferentes grupos de servidores municipais. O primeiro nível consiste em oferecer curso de capacitação básica em geotecnologias. Já o segundo nível será composto por capacitações voltadas a extração de informação dos dados orbitais.

O nível inicial será oferecido a todos os servidores que desejarem. Nessa capacitação serão oferecidas noções básicas de cartografia e produção de mapas temáticos. Os dados utilizados serão contextualizados, a partir dos interesses e demandas da gestão municipal, obtidos junto à prefeitura ou oriundos de projetos realizados pelos alunos de graduação da Fatec. Os participantes aprenderão a espacializar os dados e extrair informação, gerando mapas temáticos.

O segundo nível será oferecido aos servidores com formação afim à área de geotecnologias, como geógrafos, engenheiros, arquitetos, geólogos, estatísticos entre outros. Serão ofertadas capacitações referentes a manipulação de banco de dados espaciais, obtenção e processamento de imagens de satélite, mineração de dados e classificações de cobertura do solo. Serão utilizados os dados do Cbers 4A e as aplicações iniciais serão aquelas desenvolvidas nas etapas anteriores deste projeto. Além disso, os próprios cursistas poderão trazer demandas específicas de sua área de trabalho.

3. Resultados e Discussão

Esta etapa será dividida em dois níveis, os quais contemplarão atividades direcionadas a diferentes grupos de servidores municipais. O primeiro nível consiste em oferecer curso de capacitação básica em geotecnologias. Já o segundo nível será composto por capacitações voltadas a extração de informação dos dados orbitais.

O nível inicial será oferecido a todos os servidores que desejarem. Nessa capacitação serão oferecidas noções básicas de cartografia e produção de mapas temáticos. Os dados utilizados serão contextualizados, a partir dos interesses e demandas da gestão municipal, obtidos junto à prefeitura ou oriundos de projetos realizados pelos alunos de graduação da Fatec. Os participantes aprenderão a espacializar os dados e extrair informação, gerando mapas temáticos.

O segundo nível será oferecido aos servidores com formação afim à área de geotecnologias, como geógrafos, engenheiros, arquitetos, geólogos, estatísticos entre outros. Serão ofertadas capacitações referentes a manipulação de banco de dados espaciais, obtenção e processamento de imagens de satélite, mineração de dados e classificações de cobertura do solo. Serão utilizados os dados do Cbers 4A e as aplicações iniciais serão aquelas desenvolvidas nas etapas anteriores deste projeto. Além disso, os próprios cursistas poderão trazer demandas específicas de sua área de trabalho.

Em todos os níveis, o desenvolvimento das capacitações será formulado e programado pela equipe do projeto. O docente ficará incumbido de avaliar as propostas, bem como será responsável pela parte teórica e conceitual do curso. Os alunos auxiliarão e orientarão os servidores na execução dos procedimentos das atividades práticas. As atividades práticas deverão ser documentadas pelos participantes com a confecção de relatórios técnicos dos procedimentos. Os alunos realizarão o controle de frequência e a entrega das atividades dos servidores.

4. Considerações finais

Com o desenvolvimento da primeira etapa deste trabalho será possível avaliar o potencial das imagens gratuitas do satélite CBERS 4A na tarefa de criar mapeamentos urbanos por meio de classificações da cobertura do solo urbano. Esse é o passo inicial para o posterior desenvolvimento de uma metodologia de processamento de dados espaciais a ser aplicada e disponibilizada para o poder público municipal.

A partir da avaliação do potencial dos dados de entrada e o entendimento de suas limitações, será possível desenvolver uma metodologia específica para a geração de informação e conhecimento para os projetos do poder público municipal e, assim, estimular a utilização de dados orbitais para subsidiá-los. Dessa forma, será possível desenvolver oficinas de capacitação em processamento de dados orbitais com o objetivo de estimular o uso desses dados em projetos de políticas públicas com o envolvimento da comunidade acadêmica em projetos de Extensão Universitária.

Agradecimentos

Ao Centro Paula Souza pela concessão do Regime de Jornada Integral.

Referências

- [1] UNPD. **World Urbanization Prospects: 2022**. [sn], 2022. 493 p. Disponível em: <<https://population.un.org/wpp/>>. Acesso em mai. 2024.
- [2] IBGE. **Cidades@ - Consulta por Município**. 2022. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/232TL>>. Acesso em jun. 2024.
- [3] RAMOS, D. V. Programa de gestão de resíduos sólidos de construção e demolição. In: **Encontro Internacional de Produção Científica Unicesumar**, 9, Maringá, 2015. Artigo completo, Maringá.
- [4] BUCKERIDGE, M. Árvores urbanas em São Paulo: planejamento, economia e água. **Estudos avançados**, 29(84), 85-101, 2015
- [5] TOMASIELLO, D. B. **Modelos de rede transporte público e individual para estudos de acessibilidade em São Paulo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016, 94 p. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-24062016-111306/en.php>>. Acesso em mai. 2024.
- [6] RAMOS, D. V. et al. Técnicas de sensoriamento remoto empregadas nos estudos urbanos. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 12, n. 1, p. 269–278, 27 nov. 2017.
- [7] FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na Geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista Do Departamento de Geografia**, 17, 24-29, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>
- [8] CAMPBELL, J. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 2007.
- [9] BISHOP, C. M. **Pattern recognition and machine learning**. Germany: Springer, 2006, 740p.
- [10] ADRIAANS, P.; ZANTINGE, D. **Data mining**. Harlow: Addison-Wesley, 1996. 158p.
- [11] FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. **AI magazine**, v. 17, p. 37–53, 1996.

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJI

- [12] SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. U. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **R. Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n. 5, p.629-642, 2002.
- [13] REZENDE, L. N.; BORGES, K. A. Infraestrutura de Dados Espaciais Municipal da Prefeitura de Belo Horizonte/MG: o uso de geotecnologias como referência para construção de uma IDE Ambiental. **Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Jardim, MS, 20 a 24 de outubro 2018. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 750-759. 2
- [14] CAVALCANTE, P. A implementação municipal das políticas sociais: uma análise espacial. **Planejamento e Políticas Públicas**, (42), 2022.
- [15] HERNANDEZ, J. A. Z. **Mapeamento da arborização de calçadas nas vias públicas de Ponta Grossa - PR com uso de Sensoriamento Remoto**. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2020.
- [16] AMBIENTE. Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo. **21 Projetos Ambientais Estratégicos**. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/projetos.php>>. Acesso em nov. 2022.
- [17] INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS)**. 2020. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br>>. Acesso em mai. de 2024.
- [18] QGIS, Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation. 2022. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em jun. 2024.
- [19] TRIMBLE. **eCognition Developer 8.7 User Guide**. Munich, Germany: [s.n.], 2011. 258 p. Disponível em: <<http://www.ecognition.com/>>. Acesso em jun. 2024.
- [20] JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2011. Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador).
- [21] WITTEN, I. H.; FRANK, E. **Data mining: Practical machine learning tools and techniques with JAVA implementations**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2000. 371p.
- [22] BLASCHKE, T. et al. Geographic Object-Based Image Analysis - Towards a new paradigm. **ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing: official publication of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS)**, v. 87, n. 100, p. 180–191, jan. 2014.
- [23] RUIZ, P. R. S. **Classificação da cobertura do solo urbano usando árvores de decisão a partir de cenas WorldView-2 e WorldView-3 para diferentes níveis de legenda**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2017, 181 p. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3NJ9GU8>>. Acesso em mai. 2024.