

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA BORORÉ- COLÔNIA

Bruno Amador dos Reis Costa

São Paulo - SP
2024

Bruno Amador dos Reis Costa

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA APA BORORÉ- COLÔNIA

**Trabalho de Graduação Integrado
apresentado ao Departamento de Geografia
da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências
Humanas, como requisito básico para a
conclusão do Curso de Bacharelado em
Geografia.**

**Orientador: Prof Dr. Fernando Shinji
Kawakubo**

São Paulo-SP
2024

Dedico este trabalho especialmente à
minha filha Jade Amador, meu maior orgulho!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por sempre apoiar meus estudos, especialmente à minha mãe Helenice e ao meu irmão Leonardo.

Agradeço à minha esposa Nathalia por todo o apoio, principalmente em relação à nossa filha

À minha maior parceira da faculdade e para a vida, minha amiga Andressa

Ao meu orientador que deu todo o tempo e suporte necessário, o Prof. Dr. Fernando Shinji Kawakubo

Considerando que o meio ambiente ecologicamente equilibrado, nos termos do artigo 225, “caput”, da Constituição Federal, constitui direito fundamental e deve ser preservado para as futuras gerações, devendo o Poder Público proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica. (artigo 225, §1º, V, do Texto Magno)

RESUMO

O propósito deste trabalho foi analisar o uso e ocupação do solo na Área de Proteção Ambiental (APA) Bororé-Colônia, localizada na zona sul do município de São Paulo. Para atingir esse objetivo, utilizou-se a técnica de classificação supervisionada por meio de software SIG, em conjunto com a Coleção 8 fornecida pelo MapBiomas. Além disso, o estudo abrange uma análise do contexto do uso e ocupação do solo no município e na APA, com o intuito de verificar se a situação atual está em conformidade com o zoneamento vigente. Os principais dados obtidos revelam uma expansão significativa da área de solo exposto, com um crescimento de 228% entre 2006 e 2022. Além disso, houve um aumento considerável na área urbana, indicando uma possível expansão desordenada e a presença de loteamentos clandestinos na região. A análise também destaca desafios na distinção de cultivos específicos, ressaltando a importância de abordagens complementares na interpretação dos dados de uso do solo.

Palavra-chave: Sensoriamento remoto, uso e ocupação do solo, APA, Bororé-colônia.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze land use and occupancy in the Bororé-Colônia Environmental Protection Area (APA), located in the southern zone of São Paulo municipality. To achieve this goal, the supervised classification technique was utilized through GIS software, in conjunction with Collection 8 provided by MapBiomas. Additionally, the study encompasses an analysis of the context of land use and occupancy in the municipality and APA, with the aim of verifying if the current situation is in accordance with the existing zoning regulations. The main data obtained reveal a significant expansion of exposed soil area, with a growth of 228% between 2006 and 2022. Furthermore, there was a considerable increase in urban area, indicating a possible disorderly expansion and the presence of clandestine settlements in the region. The analysis also highlights challenges in distinguishing specific crops, underscoring the importance of complementary approaches in interpreting land use data.

Keywords: Remote sensing, land use and occupation, APA, Bororé-Colônia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Região Metropolitana de São Paulo	16
Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.....	17
Figura 3 - Expansão urbana de São Paulo ao longo do tempo	23
Figura 4 - Zoneamento da APA Bororé-Colônia.....	27
Figura 5 - Esquema representando comportamento dos raios solares e sistemas de captação da REM.....	30
Figura 6 - Resolução espacial	32
Figura 7 - Uso e ocupação do solo em 2006. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomas	38
Figura 8 - Uso e ocupação do solo em 2006. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomas	39
Figura 9 - Uso e ocupação do solo em 2023. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomas	40
Figura 10 - Locais com maiores mudanças	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fitofisionomia	18
Tabela 2 - 10 distritos mais desiguais do município	25
Tabela 3 - Dados extraídos	41

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - População da cidade de São Paulo	20
--	----

LISTA DE ABREVIAÇÕES

- APA - Área de Preservação Ambiental
RMSP - Região Metropolitana de São Paulo
UC - Unidade de Conservação
ZC – Zona de Conservação
ZEPAM - Zonas Especiais de Proteção Ambiental
ZEP - Zonas Especiais de Preservação
ZPDS - Zona de Preservação e Desenvolvimento Sustentável Urbano
ZPDSr - Zonas de Preservação e Desenvolvimento Sustentável Rural
ZOE - Zonas de Ocupação Especial
ZEIS 1 - Zona Especial de Interesse Social 1
ZEIS 4- Zona Especial de Interesse Social 4
ZMA - Zona Mista Ambiental
ZC -ZEIS - Zona Centralidade indeira à ZEIS Zonas de Transformação
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
NASA - National Aeronautics and Space Administration
Landsat - Land Remote Sensing Satellite
CBERS - China-Brazil Earth Resources Satellite, Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
REM - Radiação Eletromagnética
CS - Classificação supervisionada
MB - MapBiomas
NDVI - Normalized Difference Vegetation Index

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1.	JUSTIFICATIVA.....	13
3	DESENVOLVIMENTO	15
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.1.1	GEOMORFOLOGIA.....	16
3.1.2	HIDROGRAFIA	17
3.1.3	VEGETAÇÃO	18
3.2.	BREVE HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO	18
3.3.	A CIDADE ATUALMENTE	23
3.4.	APA	25
4.	METODOLOGIA DA PESQUISA	29
4.1.	SENSORIAMENTO REMOTO	29
4.1.1	LANDSAT	32
4.1.2	CBERS.....	33
4.2.	CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO	33
4.2.1	NÃO SUPERVISIONADA.....	34
4.2.2	SUPERVISIONADA	34
4.2.3	MAPBIOMAS	36
5	DISCUSSÃO	37
6	CONCLUSÃO.....	45
7	BIBLIOGRAFIA.....	46

1. INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado da cidade de São Paulo pode ser observado ao longo de várias décadas, especialmente a partir da metade do século XX. Durante esse período, houve uma explosão demográfica e econômica, impulsionada pelo processo de industrialização e urbanização favorecido pela economia do café.

O intenso movimento migratório em massa provocou um crescimento desordenado na cidade em decorrência da carência de um planejamento urbano eficiente e de políticas adequadas de moradia. A quantidade desproporcional de moradias ao número de novos habitantes, aliada às altas taxas de valorização imobiliária e políticas públicas desfavoráveis à maioria da população levou estes a ocupar as periferias da cidade.

Deste modo, o aumento desenfreado da população nas áreas periféricas trouxe consigo uma série de desafios, incluindo a sobrecarga dos serviços públicos, como transportes, saúde e educação, que muitas vezes não foram acompanhados em seu devido ritmo pelo Estado, resultando em maior parte dos casos, condições precárias de vida aos moradores.

De acordo com Nobre e Young (2010):

O padrão atual do processo de expansão urbana e populacional na RMSP apresenta características específicas e com grandes desafios a serem superados. A heterogeneidade sociodemográfica, associada ao novo padrão de ocupação, buscando baixas densidades habitacionais, tende a recortar e fragmentar mais ainda o tecido urbano. A ocupação de áreas de preservação e dos mananciais nas áreas mais afastadas dos centros, tanto pela população de baixa renda (loteamentos irregulares), como pelos condomínios e loteamentos fechados, coloca em evidência aspectos que antes eram amenizados pela distância espacial das desigualdades sociais. Nos dias de hoje, os riscos sociais e ambientais parecem conviver mais de perto, tornando o debate e o enfrentamento cada vez mais presentes na esfera das demandas políticas. (p. 27)

Assim, o avanço da ocupação desenfreada tem comprometido os remanescentes de mata atlântica, que são importantes para a biodiversidade e serviços ecossistêmicos. A perda e fragmentação desses fragmentos florestais

colocam em risco diversas espécies de fauna e flora, além de prejudicar no microclima e comprometer a qualidade da água que abastece a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visto que, muitas destas ocupações se encontram nas proximidades das represas Guarapiranga e Billings.

Diante desse cenário, as Áreas de Proteção Ambiental (APA) desempenham um papel fundamental na tentativa de mitigar os impactos ambientais do meio urbano ao direcionar o uso e ocupação do solo de maneira mais apropriada à área. A APA Bororé-Colônia, localizada na região sul de São Paulo, abrangendo os distritos de Capela de Socorro e Parelheiros, é uma dessas iniciativas.

Além das leis específicas para as APAs, é importante destacar que o cumprimento dessas normas e a efetiva preservação do meio ambiente dependem da fiscalização adequada do uso e ocupação do solo e da conscientização da população sobre a importância da conservação ambiental. É fundamental que os órgãos competentes, juntamente com a sociedade civil, trabalhem em conjunto para garantir a sustentabilidade e a qualidade de vida para as gerações futuras na cidade de São Paulo.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo destacar o uso e ocupação do solo na APA Bororé-Colônia, avaliando sua conformidade com as normas vigentes. Para isso, serão empregadas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, possibilitando a elaboração de mapas por meio de análises supervisionadas do solo. Além disso, será utilizada a coleção 8 do MapBiomas para análise visual e extração de dados, permitindo uma abordagem abrangente e detalhada do cenário ambiental da região em questão.

2.1. JUSTIFICATIVA

O bioma da mata atlântica possui uma imensa vulnerabilidade ambiental devido à sua proximidade com grandes centros urbanos. Este possui um papel fundamental na regulação do clima local, mitigando os extremos de temperatura e atuando como um importante regulador térmico.

Conforme (Martins et al., 2021), a presença de vegetação em áreas urbanas de grande porte tem o efeito positivo de reter material particulado no ar, o que, por sua vez, resulta na melhoria da qualidade do ar nas proximidades. Portanto, em uma cidade como São Paulo, caracterizada pela intensa circulação de veículos que emitem poluentes atmosféricos, a presença de vegetação desempenha um papel crucial na mitigação desses problemas de poluição.

Outra relevância da mata atlântica está na preservação da qualidade da água, sendo fundamental para a manutenção dos recursos hídricos da RMSP. Assim a substituição de vegetação por moradias nas proximidades das represas, como no caso da Billings e Guarapiranga, contribui para a contaminação hídrica por despejos irregulares de resíduos sólidos e líquidos. Portanto, a preservação dessa vegetação se faz importante para todos os habitantes da RMSP, e não somente das pessoas que residem nestas áreas.

Porém, a preservação da mata atlântica também é alvo de desafios sociais complexos. A crescente demanda por áreas urbanizadas gera conflitos com a conservação destas áreas com remanescentes de mata. Este embate entre o uso e ocupação antrópico do solo com a preservação ambiental é uma questão complexa,

e que merece uma análise aprofundada a fim de propor reflexões que possibilite contribuir na busca do equilíbrio entre homem e natureza.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Área de Proteção Ambiental (APA) Bororé-Colônia, localizada na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), representa uma área de conservação ambiental em meio a uma das regiões urbanizadas mais densas do país. Com uma extensão de aproximadamente 90.000 ha, a APA Bororé-Colônia desempenha um papel crucial na proteção da biodiversidade e dos recursos naturais remanescentes na região.

Sua localização estratégica contribui para a preservação de ecossistemas naturais, abrangendo fragmentos de mata atlântica, cursos d'água e áreas de recarga de aquíferos. Apesar de estar inserida em um contexto altamente urbanizado, a APA Bororé-Colônia desempenha um papel fundamental na manutenção da qualidade ambiental, na proteção dos recursos hídricos e na promoção da biodiversidade.

É importante ressaltar que, mesmo diante do crescimento urbano e das pressões antropogênicas, a preservação e gestão adequada dessa área são essenciais para garantir a sustentabilidade ambiental e o bem-estar da população local e das gerações futuras.

Em relação à RMSP, dados do censo de 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que a região abriga aproximadamente 20.743.587 milhões de habitantes, dos quais 11.451.999 milhões residem apenas no município de São Paulo. Com uma área de 7.946,96 km², a RMSP engloba 39 municípios evidenciados na figura 1, incluindo Arujá, Barueri, Biritiba-Mirim, Caieiras, Cajamar, Carapicuíba, Cotia, Diadema, Embu, Embu-Guaçu, Ferraz de Vasconcelos, Francisco Morato, Franco da Rocha, Guararema, Guarulhos, Itapecerica da Serra, Itaquaquecetuba, Itapevi, Jandira, Juquitiba, Mairiporã, Mauá, Mogi das Cruzes, Osasco, Pirapora do Bom Jesus, Poá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra, Salesópolis, Santa Isabel, Santana de Parnaíba, Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, São Lourenço da Serra, São Paulo, Suzano, Taboão da Serra e Vargem Grande Paulista.

Figura 1 -Região Metropolitana de São Paulo



Fonte: Geosampa

3.1.1 GEOMORFOLOGIA

Segundo Ross (1996), a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), incluindo a APA Bororé-Colônia, está situada na Unidade Geomorfológica do Cinturão Orogênico do Atlântico, mais especificamente no Planalto Atlântico. A RMSP está posicionada dentro da estrutura geomorfológica do planalto oeste, caracterizada por trechos mais elevados sustentados por rochas do tipo quartzito. Já a APA Bororé-Colônia é marcada pela predominância de Granitóides e Maciço misto, além da presença de Gnaiss.

Em relação à morfoescultura, observa-se a predominância de planaltos e serras, como no Atlântico leste-sudeste, bem como a presença de escarpas acentuadas originadas pelo processo epirogenético pós-cretáceo. Esse processo

resultou no soerguimento da plataforma sul-americana e na reativação de falhas antigas, culminando na formação das escarpas no litoral.

No contexto da APA Bororé-Colônia, destaca-se a predominância de várzeas e planícies, conferindo características específicas à região. Tanto que, há uma presença notável na região de um polo agrícola, evidenciando a relevância das condições geomorfológicas para atividades agrícolas na área.

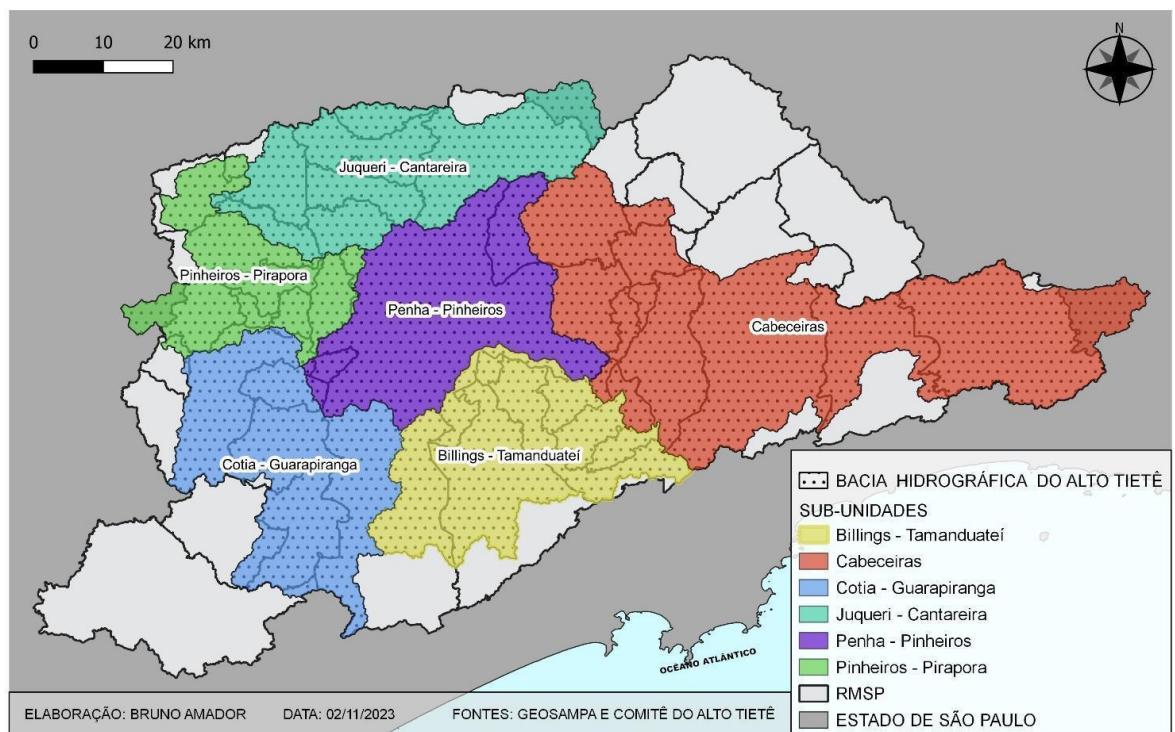
3.1.2 HIDROGRAFIA

A região está localizada sob a bacia hidrográfica do Alto Tietê (Figura 2), sendo esta subdividida nas seguintes sub-bacias: Juqueri/ Cantareira, Tietê/ Cabeceiras, Pinheiros/ Pirapora, Penha/ Pinheiros, Cotia/ Guarapiranga e Billings/ Tamanduateí. Esta última citada abrange a área de estudo.

Já a APA Bororé-Colônia se localiza em maior parte na sub-bacia Billings/ Tamanduateí, abarcando uma pequena parcela da Cotia/ Guarapiranga.

Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ E SUB-UNIDADES



Fonte: *GeoSampa, Comitê do Alto Tietê*

3.1.3 VEGETAÇÃO

O bioma predominante é a mata atlântica, sendo que a região sul onde há maior presença deste bioma.

Ainda, segundo o Inventário da Cobertura Vegetal Nativa do Estado de São Paulo (2022), a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê ocupa 577.319 ha, com uma vegetação nativa remanescente de 213.379 há, 37,0% de sua superfície.

Esta vegetação de mata atlântica pode ser subdividida conforme a tabela (figura 3) a seguir:

Tabela 1 - Fitofisionomia

Sigla	Fitofisionomia	Total (ha)	(%)
D1	Floresta Ombrófila Densa em grau avançado de conservação	56.075	26,3
D2	Floresta Ombrófila Densa em grau médio de conservação	148.589	69,6
M1	Floresta Ombrófila Mista em grau avançado de conservação	15	0,0
M2	Floresta Ombrófila Mista em grau médio de conservação	194	0,1
Pa	Formação Pioneira com Influência Fluvial	7.545	3,5
Sa	Savana Arborizada	44	0,0
Sg	Savana Gramíneo-lenhosa	916	0,4
Total		213.379	

(%) Percentual em relação ao total da vegetação nativa remanescente na bacia.

➡ NOTA TAB-28

Fonte: INVENTÁRIO DA COBERTURA VEGETAL NATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO - pg 64

Deste modo, a vegetação predominante na APA Bororé-Colônia é a “Floresta Ombrófila Densa em grau médio de conservação”, esta que representa 69,6% da vegetação presente na bacia hidrográfica do Alto Tietê.

3.2. BREVE HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO

O processo de ocupação da região que hoje abriga São Paulo teve início em 1554, quando foi fundada pelos padres jesuítas José de Anchieta e Manuel da Nóbrega na vila de São Paulo. Inicialmente, a cidade serviu como ponto estratégico

para a catequização dos indígenas. No entanto, sua verdadeira ascensão ocorreu ao longo dos séculos, impulsionada por profundas transformações econômicas, sociais e culturais.

Durante o período colonial, a economia brasileira estava centrada na produção de açúcar, principalmente na região nordeste. O ciclo açucareiro foi a principal fonte de riqueza até meados do século XVII, quando a concorrência holandesa enfraqueceu o setor. Nesse contexto, São Paulo não desempenhava um papel proeminente. Posteriormente, a descoberta de grandes reservas de minerais em Minas Gerais deslocou a economia para a região sudeste com a exploração do ouro até o século XIX, quando o café ganhou destaque.

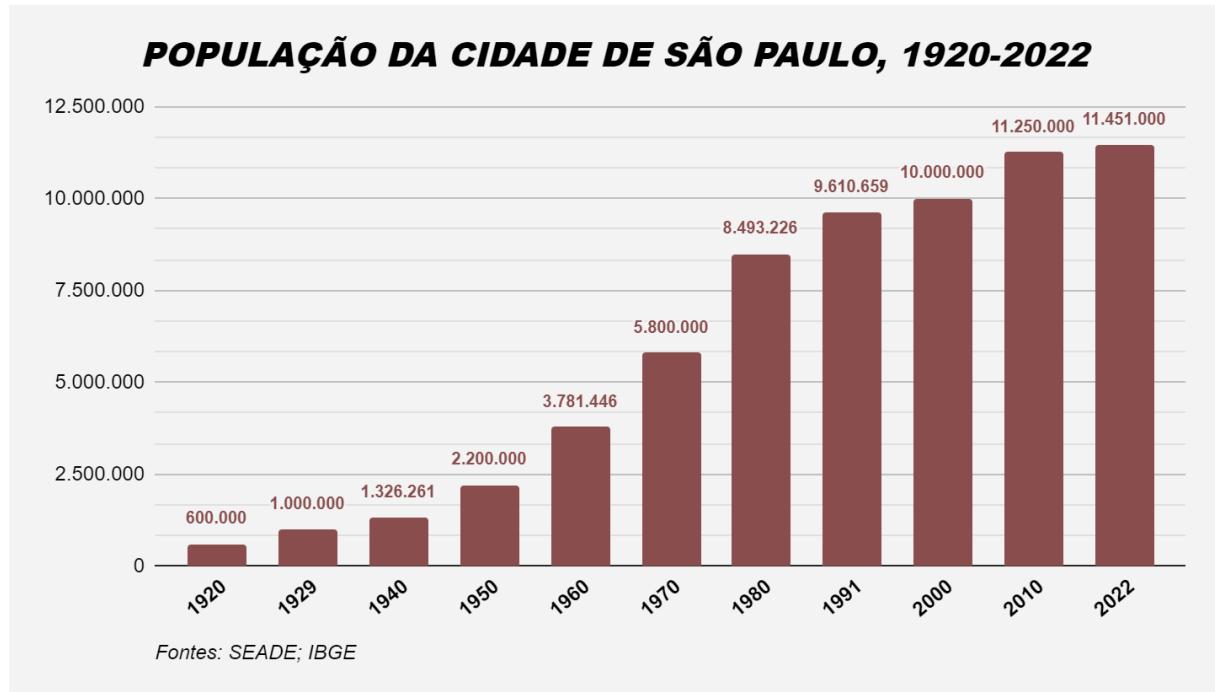
O ciclo do café ascendeu como protagonista, consolidando São Paulo como um dos principais polos cafeicultores do país devido às suas características naturais favoráveis ao plantio. O crescimento econômico impulsionado pelo café teve impactos significativos na estrutura social e urbana da cidade.

No início do século XX, São Paulo testemunhou outra metamorfose, caracterizada pela transição da economia cafeeira para a industrialização. A concentração econômica e a logística existente em São Paulo atraiu as primeiras grandes indústrias, que se beneficiaram da existência de renda e infraestrutura na região gerados pela era do café, caracterizando o início da industrialização brasileira, ainda que tardia.

A necessidade de mão de obra em massa para suprir a demanda industrial impulsionou o crescimento exponencial da cidade, superando a então capital do país, o Rio de Janeiro, atraindo investimentos e migrantes de diferentes partes do Brasil e do mundo. A crescente demanda por mão de obra nas indústrias contribuiu para um intenso fluxo migratório, inicialmente imigrantes de diversas regiões do mundo. Posteriormente, do próprio país, especialmente do Nordeste, alterando drasticamente a demografia e a cultura da cidade.

Como vemos na tabela (figura 4) a seguir, o número de habitantes teve um aumento exponencial na década de 1960 a 1980.

Gráfico 1 - População da cidade de São Paulo



Fonte: SEADE, IBGE

O rápido processo de urbanização e industrialização trouxe consigo desafios, como a falta de moradias adequadas e a formação de áreas urbanas degradadas.

A concentração de renda, aliada à falta de planejamento do Estado e ao crescente número de trabalhadores oriundos de diversas regiões, resultou no crescimento totalmente desordenado da cidade de São Paulo. Inicialmente, a população mais precária habitava cortiços em áreas próximas às indústrias e nos arredores do centro. No entanto, à medida que o número de habitantes aumentava, o custo de vida nessas áreas também crescia, forçando a população a se deslocar cada vez mais para as periferias. Estas populações começaram a se expandir para o extremo leste, visto que havia uma concentração de indústrias nesta região, a exemplo no bairro da Mooca. Bem como, mais ao sul do centro da cidade.

As leis urbanas de 1910 estabeleceram uma divisão da cidade em quatro zonas: central, urbana, suburbana e rural. A maioria das políticas públicas do período eram direcionadas apenas às zonas central e urbana, deixando as outras regiões (para onde os pobres estavam se mudando) não regulamentadas. Além disso, os pré-requisitos necessários para a obtenção de financiamento de obras dificilmente

abrangia a população de baixa renda favorecendo a construção de moradias precárias, deixando para a classe média e alta programas de financiamento com subsídio do governo.

No âmbito municipal, os prefeitos e seus secretários procuraram abrir avenidas, alargar ruas, embelezar e organizar o centro da cidade. No entanto, a cidade estava mal equipada para lidar com as transformações urbanas resultantes do imenso influxo de novos moradores da virada do século.

A superação do ônibus em relação ao bonde, meio de transporte exclusivamente central, contribui para o distanciamento dos mais pobres, já que este tipo de transporte possibilita que os habitantes da periferia fossem trabalhar no centro, algo que contribui ainda mais para a manutenção do distanciamento físico entre as classes.

A interseção dessas várias iniciativas e políticas, associada ao pronunciado aumento populacional causado por migrações internas desde o começo dos anos 30, levou a um novo padrão de segregação urbana, que iria caracterizar São Paulo nos 50 anos seguintes. No novo arranjo, pobres e ricos vivem separados: distância, crescimento econômico e repressão política permitiram uma peculiar desatenção de um em relação ao outro. Políticas públicas ocasionadas pela elite da cidade em busca da segregação dos pobres e ricos, com a desculpa de desenvolvimento como de grandes avenidas. Estas contribuíram para o afastamento da classe baixa para a periferia, característica que perdura até os dias atuais.

Foi neste contexto que começaram a surgir as primeiras favelas, conjuntos de moradias precárias que abrigam a parcela marginalizada da sociedade. Coincidindo com a modernização da indústria na década de 1950, as primeiras favelas começaram a surgir. Foi por volta deste período que a população marginalizada passou a habitar áreas desocupadas e mais afastadas do centro, caracterizando-se por moradias precárias, ausência de saneamento básico e falta de energia elétrica.

Conforme destacado por Caldeira (2010), de 1940 até o final dos anos 80, São Paulo experimentou uma expansão urbana caracterizada por uma segregação espacial persistente. Nesse cenário, a classe média e alta se estabeleceu na região central, desfrutando da proximidade com a maior parte da infraestrutura oferecida por uma grande cidade. Por outro lado, a classe baixa ocupou as regiões periféricas, distantes do centro e com acesso limitado a bens e serviços, perpetuando

desigualdades tanto espaciais quanto físicas, evidenciadas por condomínios restritos aos seus moradores e funcionários.

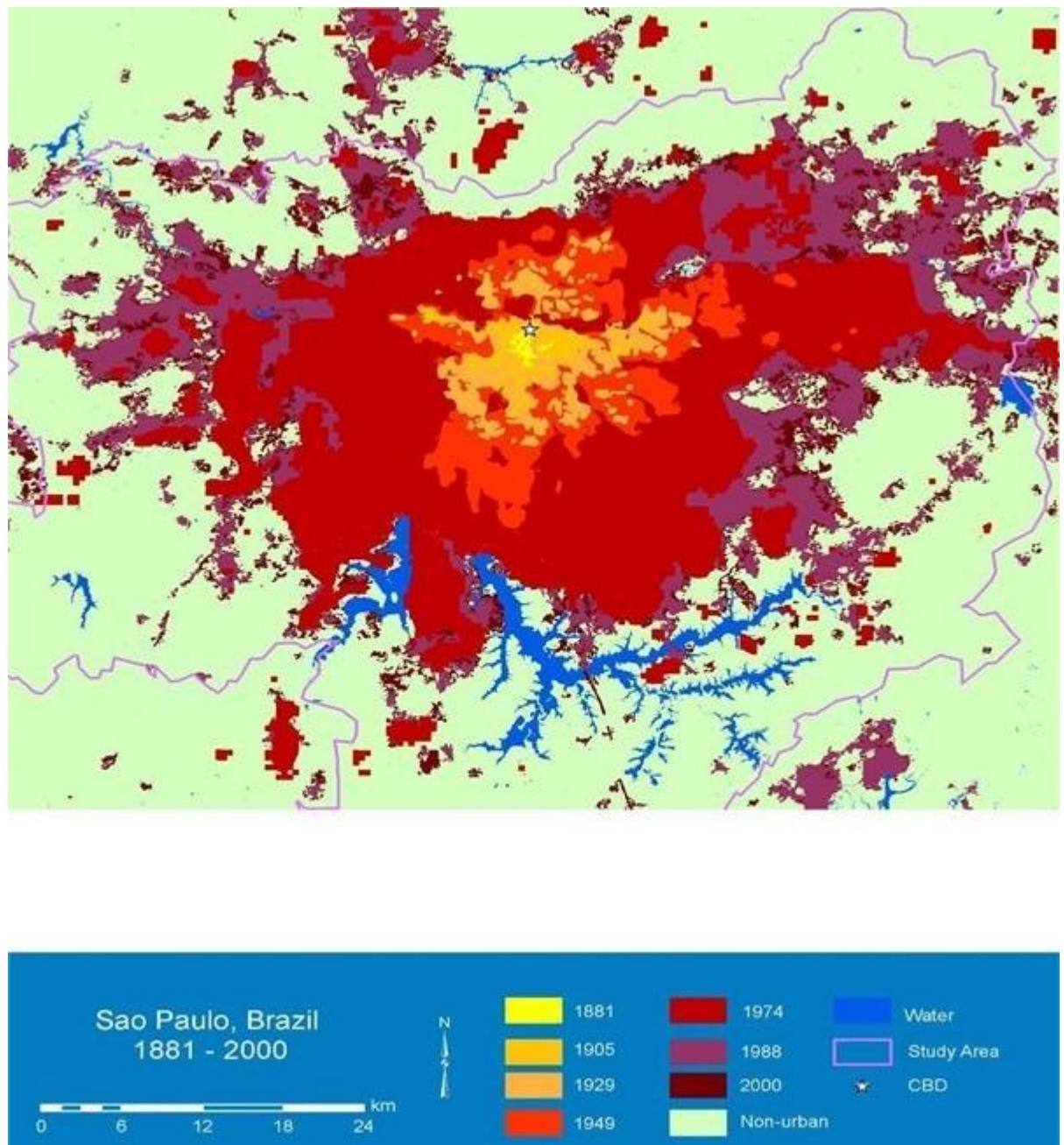
A expansão da cidade e o surgimento de apartamentos de classe média levaram a um afastamento periódico dessas construções do centro, buscando áreas com terrenos mais acessíveis e menos sujeitas a leis de zoneamento rigorosas. Esse movimento contribuiu ainda mais para o distanciamento da classe baixa, direcionando-a para a periferia, onde terrenos mais baratos eram encontrados.

Ao longo dos anos, especialmente a partir da década de 90, as dinâmicas sociais passaram por transformações. A classe alta e média se distanciou do centro, que se tornou um polo de comércio e escritórios, migrando para regiões mais distantes, como outros municípios e subúrbios. Mesmo nas áreas periféricas, a classe baixa experimentou uma valorização devido à saturação da cidade, forçando aqueles que buscavam habitação própria a se estabelecerem em regiões ainda mais afastadas. Essa evolução evidencia a complexidade das relações sociais e o impacto nas dinâmicas de ocupação urbana em São Paulo.

Assim, a falta de planejamento urbano, combinada com desigualdades socioeconômicas persistentes, resultou na expansão caótica da cidade, deixando um legado de desafios sociais e estruturais que ainda demandam atenção e soluções adequadas. Essas mudanças refletiram não apenas o crescimento econômico, mas também as dificuldades sociais inerentes a um rápido processo de urbanização.

No que concerne à área de estudo, a figura 5 ilustra o período de ocupação da zona sul, onde está situada a APA Bororé-Colônia. É possível observar que a ocupação dessa região teve início no final da década de 1970, coincidindo com o rápido crescimento demográfico da cidade de São Paulo. Como mencionado anteriormente, a segregação social por diversos meios facilitou a ocupação de áreas mais distantes e menos densamente povoadas, como é o caso da zona sul do município.

Figura 3 - Expansão urbana de São Paulo ao longo do tempo



Fonte: Atlas of Urban Expansion

3.3. A CIDADE ATUALMENTE

Atualmente, a cidade de São Paulo conta com aproximadamente 11.450.000 habitantes. Uma análise do último censo realizado pelo IBGE (2022) revela que a taxa de crescimento da cidade se estabilizou. Esse fenômeno é resultado do processo de descentralização das indústrias para outras áreas da região metropolitana e do país,

onde há incentivos fiscais mais atrativos para o setor industrial. No entanto, apesar desse crescimento ter desacelerado, a questão habitacional continua sendo um desafio significativo na cidade.

Podemos acrescentar a este fenômeno outras nuances que fomentam o crescimento deste tipo de moradia. A especulação imobiliária é a mais forte delas, tanto que o número de habitações vazias é maior que o de pessoas sem teto. De acordo com censo de 2022 realizado pelo IBGE, cerca de 11,79% dos domicílios particulares recenseados estão vagos. Isso, com base no mesmo censo, representa cerca de 2.310.840 perante os 19.600.000 de domicílios. Pode parecer um número pequeno se comparado ao montante existente e a população, porém, devemos levar em conta que a cidade está fisicamente saturada e há poucos locais para se construir atualmente, jogando toda essa pressão da mancha urbana para os extremos do município, principalmente na Zona Sul que sofre com a pressão urbana em áreas de vegetação nativa. Bem como, a melhor infraestrutura e melhores oportunidades financeiras fez com que muitos migrassem para municípios vizinhos.

A organização Rede Nossa Senhora produziu “O mapa da desigualdade em São Paulo de 2022” e avaliou os 96 distritos do município de São Paulo. Foram analisadas variáveis como população, trabalho e renda, esporte, direitos humanos, saúde, habitação, segurança pública, educação, mobilidade, infraestrutura digital, cultura e meio ambiente. A tabela (figura 6) a seguir evidencia, com base nestas variáveis citadas anteriormente, os 10 dos 96 distritos que tiveram as menores pontuações, ou seja, que apresentam as maiores disparidades sociais do município.

Tabela 2 - 10 distritos mais desiguais do município

Posição	Distrito	Pontuação Geral
87º	Campo Limpo	57,58
88º	Grajaú	56,89
89º	Itaim Paulista	56,29
90º	Jardim Ângela	56,2
91º	Jaçanã	56,18
92º	Tremembé	55,87
93º	Itaquera	55,76
94º	Brasilândia	55,51
95º	Cidade Ademar	55,14
96º	Capão Redondo	54,09

Fonte: Nossa São Paulo (2022)

Observa-se que a maior parte dos distritos se encontram na periferia do município e metade somente na zona sul, região de ocupação mais recente e que se encontra em expansão no município. Este é um dado que demonstra que o crescimento acelerado da cidade desacompanhado do Estado pode gerar um enorme descompasso na qualidade de vida dos habitantes.

3.4. APA

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, criado através da lei federal nº9.985 9, de 18 de julho de 2000, institui estabelecer critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

O SNUC subdivide as UCs em dois grupos: as de Proteção Integral, que admitem apenas o uso indireto dos seus recursos naturais e as de Uso Sustentável, que compatibilizam a conservação da natureza com o uso sustentável dos seus recursos naturais. Nesses grupos estão distribuídas doze categorias de UCs, que possuem objetivos específicos e se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos.

A criação das UC's pode ser federais, estaduais ou municipais. O SNUC divide as unidades de conservação em duas categorias: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. Segundo os próprios dispositivos da Lei nº9.985 9:

§ 1º O objetivo básico das Unidades de Proteção Integral é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei.

§ 2º O objetivo básico das Unidades de Uso Sustentável é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais

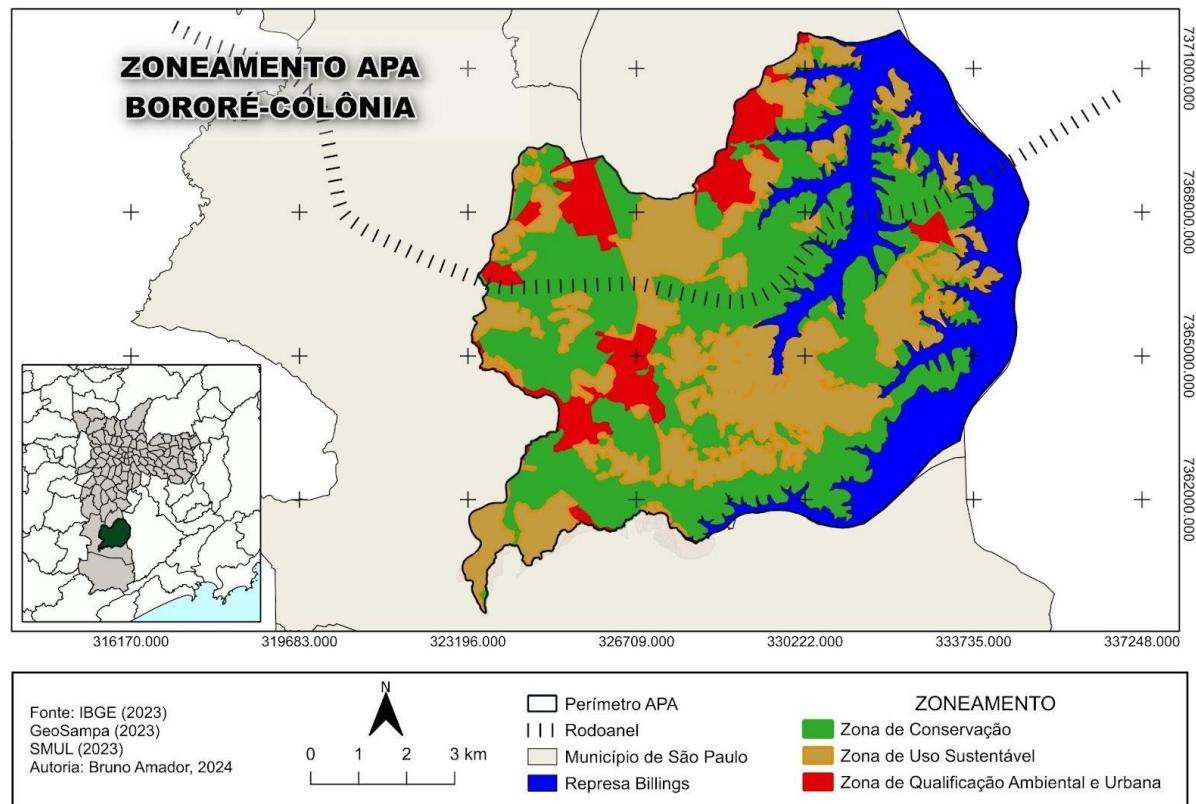
No que diz respeito à cidade de São Paulo, cerca de 40.000 hectares são regidos por doze Unidades de Conservação municipais, sendo quatro do grupo de Uso Sustentável e oito de Proteção Integral.

No caso deste estudo, a unidade de conservação faz parte do grupo de uso sustentável, a APA Bororé-Colônia.

A APA BC foi instituída no ano de 2006 por meio da lei 14.162/2006 e ocupa uma área de aproximadamente 90.000 ha, maior que muitos municípios da RMSP, e está localizada na região sul do município de São Paulo, abrange consigo uma parcela da represa Billings, importante reservatório na distribuição de água para uma parcela considerável da população da RMSP.

Conforme a figura 7, o zoneamento da APA foi dividido em três partes principais:

Figura 4 - Zoneamento da APA Bororé-Colônia



Fonte: IBGE, GeoSampa, SMUL

- **Zona de conservação**, que corresponde a 40% da área total, diz respeito às áreas com vegetação nativa com baixa ou nula intervenção antrópica e que se encontram em processo de recuperação avançado. Nestas áreas não é permitido o uso dos recursos naturais. Dentro da ZC, há Parques Municipais e as Unidades de Conservação, que são denominadas como ZEPAM e ZEP.
- **Zona de Uso Sustentável**, com 32% de área. É caracterizada pelo convívio entre recursos naturais e ações humanas, sendo que este pode fazer uso dos recursos desde que seja de maneira sustentável e com menor impacto possível. Comum haver vegetação nativa com agricultura de pequena escala. Apresenta as seguintes subdivisões: ZPDS e ZPDSr.

- **Zona de Qualificação Ambiental e Urbana** com área correspondente a 8%. Trata-se da área onde há concentração de moradias. Esta zona se diferencia pelo fato de estas moradias estarem sujeitas a regras mais rígidas de uso e construções no solo, visando a preservação máxima dos recursos naturais, além de frear a expansão urbana do que em outras partes do município. Apresenta as seguintes subdivisões: ZOE, ZEIS 1, ZEIS 4, Zma e ZC-ZEIS. (ZONA MAIS SUJEITA À TRANSFORMAÇÕES NA PAISAGEM POR MEIO DO PARCELAMENTO IRREGULAR DO SOLO)
- Os 20% correspondem à represa Billings e ao Rodoanel.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

A quantificação do uso e ocupação do solo será conduzida por meio de ferramentas de Geoprocessamento, utilizando imagens de satélite dos anos de 2006, 2022 e 2023. A comparação visual e espacial será realizada com o mosaico 8 fornecido pelo MapBiomass, referente à última data disponível. O objetivo principal é analisar a expansão urbana dentro da APA por meio de mapas e dados. Essa análise comparativa será realizada em consonância com a divisão de zoneamento proposta pela APA, a fim de verificar se o uso do solo está em conformidade com as diretrizes estabelecidas.

4.1. SENSORIAMENTO REMOTO

De acordo com Fundamentals of remote sensing, podemos definir o sensoriamento remoto como:

"Remote sensing is the science (and to some extent, art) of acquiring information about the Earth's surface without actually being in contact with it. This is done by sensing and recording reflected or emitted energy and processing, analyzing, and applying that information."

Assim como diversas tecnologias que fazemos uso em nosso cotidiano, os satélites surgiram primeiramente com o intuito militar de espionar o território inimigo, principalmente durante a Guerra Fria. Na década de 1970, o primeiro satélite civil da família Landsat foi lançado. Foi neste período que surgiu o termo sensoriamento remoto, uma vez que esta utilizava exclusivamente fotografias aéreas tiradas de aviões ou balões, passando a incluir as imagens orbitais.

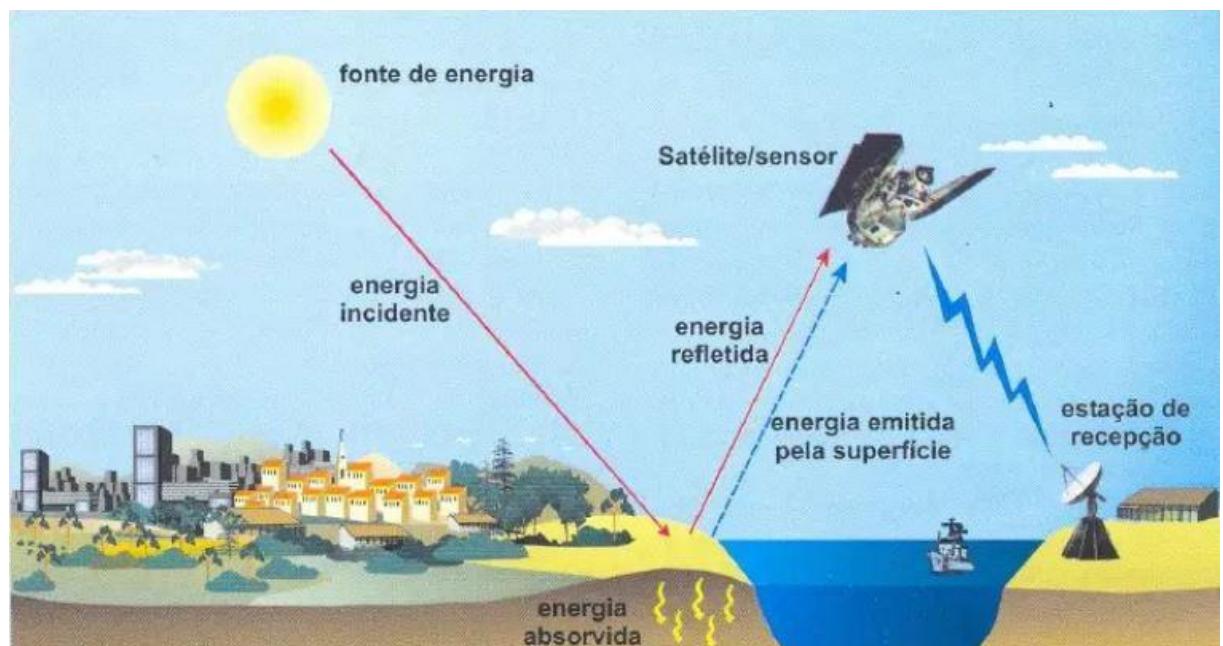
O sensoriamento remoto desempenha um papel crucial na gestão dos recursos terrestres, oferecendo uma ferramenta valiosa para a vigilância ambiental. Possibilita o monitoramento eficiente de mudanças na vegetação, incluindo desmatamento, expansão urbana, e variações climáticas, entre outras possibilidades. Sua capacidade de cobrir extensas áreas sem a necessidade de presença física in loco é

particularmente vantajosa. Adicionalmente, ao integrar o Sensoriamento Remoto com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), é possível extrair uma ampla variedade de produtos a partir das imagens, tais como índices NDVI, curvas de nível e avaliação da saúde das culturas.

Segundo Florenzano (2002), todo corpo emite ou absorve algum tipo de energia, e, no caso dos sensores utilizados em satélites (sensores passivos), a energia absorvida é a Radiação Eletromagnética. Essa forma de energia, emitida pelo sol, propaga-se por ondas eletromagnéticas que vão desde o espectro visível pelo ser humano até o não visível, incluindo micro-ondas, raios X e infravermelho.

Como mencionado anteriormente, os satélites são ferramentas capazes de registrar e analisar a relação da Radiação Eletromagnética emitida pelo sol com os objetos na superfície da Terra. Essa análise é conduzida por sensores que registram a radiação eletromagnética refletida pelo objeto, possibilitando a interpretação da imagem, que, posteriormente, é processada para se tornar um produto visível ao olho humano (figura 8).

Figura 5 - Esquema representando comportamento dos raios solares e sistemas de captação da REM



Fonte: Florenzano, T. (2002)

O processo conhecido como reflectância refere-se ao comportamento de um objeto na superfície em relação à incidência de Radiação Eletromagnética (REM).

Cada objeto absorve ou reflete a REM de maneira única, com base em suas características próprias. Por exemplo, para o olho humano, as plantas refletem mais na cor verde. No entanto, ao analisar o comportamento na faixa espectral além do visível, elas apresentam uma maior reflectância na faixa do infravermelho. Portanto, a composição de bandas nessa faixa, que envolve a divisão entre diferentes comprimentos de ondas, é ideal para visualizar a vegetação, permitindo até mesmo avaliar o estado de saúde das plantas quando aplicado o sensoriamento remoto à agricultura.

É importante salientar que vários fatores podem influenciar na leitura da REM pelos sensores. A presença de nuvens, por exemplo, pode obstruir a reflectância da superfície, pois ela ocorre na própria. Além disso, o solo em condições normais apresenta um índice de reflectância diferente do solo úmido. Diversos elementos podem contribuir ou prejudicar a interpretação da imagem, seja pelos sensores ou pelos observadores humanos.

Outra consideração essencial diz respeito à qualidade dos dados obtidos. Em sensores de satélite, quatro fatores determinam a qualidade da imagem: resolução radiométrica, resolução espectral, resolução temporal e resolução espacial.

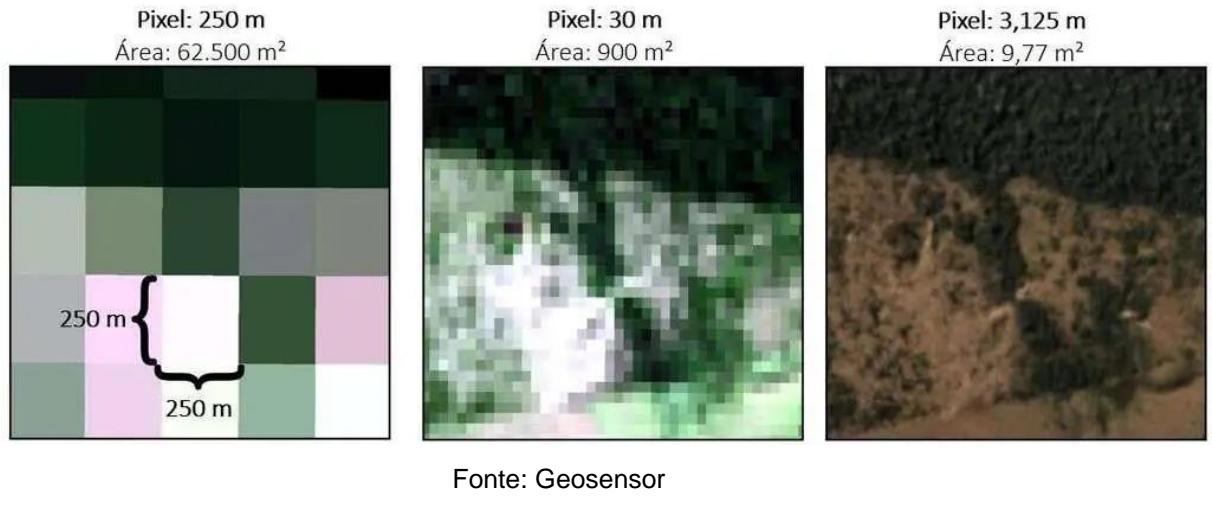
A resolução espectral refere-se à capacidade do sensor em capturar diferentes bandas e comprimentos de onda na faixa do espectro eletromagnético, como por exemplo na faixa visível ao olho humano ou no infravermelho. A resolução radiométrica indica a quantidade de tons de cinza que o sensor pode captar, sendo que, no caso do Landsat-8, o sensor possui 16 bits, equivalente a 65.536 valores de cinza.

No que diz respeito à resolução temporal, ela estabelece a frequência com que o sensor revisitará um determinado local. É importante observar que este tipo de resolução temporal não se aplica aos satélites de tipo geoestacionário, uma vez que estes permanecem constantemente posicionados sobre uma mesma região da Terra e são normalmente voltados à comunicação.

Por último, a resolução espacial engloba a capacidade do sensor em diferenciar objetos em um espaço físico. Uma alta resolução espacial implica em uma melhor diferenciação entre objetos de grande escala, sendo este o fator crucial que define a qualidade da imagem final.

O exemplo a seguir (figura 9) ilustra a importância de uma boa resolução espacial na interpretação de imagens em grande escala.

Figura 6 - Resolução espacial



A tonalidade de cada pixel está relacionada com a intensidade da energia eletromagnética refletida ou emitida pelo objeto.

Atualmente, uma variedade de satélites equipados com inúmeros sensores orbita a Terra, atendendo a diferentes propósitos, sejam eles civis, militares ou corporativos. No âmbito deste trabalho, foram empregadas imagens de satélites acessíveis ao público civil, disponibilizadas por órgãos estatais. Como exemplo, destaca-se a utilização da família Landsat, fornecida pelo Serviço Geológico Norte-Americano, e do CBERS-4A, disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

4.1.1 LANDSAT

A série de satélites Landsat é reconhecida por disponibilizar imagens de forma acessível ao público. Inicialmente lançada pela NASA, a série conta com nove satélites lançados até o momento, sendo que o Landsat-6 não operou devido a problemas no lançamento. Atualmente, a série encontra-se na versão 9. O propósito primordial desses satélites é a observação de recursos naturais, refletindo-se em imagens com resolução de 15 metros na banda pancromática e 30 metros nas demais bandas.

Essa resolução espacial atende eficazmente à proposta de observação de áreas extensas. Contudo, em trabalhos que envolvem pequenas áreas, a qualidade da imagem pode ser consideravelmente comprometida, impossibilitando a distinção de objetos em grande escala.

A escolha pelo uso do Landsat-5 neste trabalho foi motivada pelo seu histórico de imagens no período de 2006 e pela disponibilidade de satélites com imagens abertas ao público em geral. Na época, as opções eram limitadas em termos de boa resolução espacial e temporal, o que favoreceu a utilização dessa família de satélites.

Para manter a consistência na comparação entre os anos de 2006 e 2022, optou-se por empregar satélites da mesma família em 2022, como o Landsat-9, mesmo havendo alternativas disponíveis. Essa decisão foi tomada para evitar discrepâncias significativas entre os sensores e, consequentemente, nos produtos gerados. Além disso, é digno de nota que o MapBiomas, uma referência neste trabalho, também utiliza imagens Landsat em suas análises.

4.1.2 CBERS

O CBERS é o resultado de uma colaboração entre Brasil e China, firmada em 1988 com o propósito de reduzir a dependência de produtos de sensoriamento remoto provenientes de países desenvolvidos, além de viabilizar o monitoramento do território nacional. O acordo contemplava a construção de dois satélites, sendo o primeiro lançado em 1999 e o segundo em 2003. Posteriormente, foram desenvolvidos mais quatro satélites, embora o CBERS-3 não tenha entrado em operação devido a problemas no lançamento.

O mais recente lançamento da família foi o CBERS-4a, ocorrido em 2019. Este satélite é notável por sua alta resolução espacial de 8 metros para as bandas coloridas e 2 metros para a banda pancromática, o que o torna particularmente eficaz para atividades de monitoramento ambiental. Dentre os diversos sensores a bordo, destaca-se o Multiespectral e Pancromático de Ampla Varredura (WPM), com resolução de 2 metros na banda pancromática e 8 metros nas demais bandas.

4.2. CLASSIFICAÇÃO DO USO DO SOLO

4.2.1 NÃO SUPERVISIONADA

A classificação não supervisionada é realizada por meio de algoritmos incorporados em plataformas SIG, onde o número total de classes é previamente definido. No entanto, dependendo do produto, pode haver menos ou mais classes do que inicialmente estabelecido, ficando a critério do algoritmo fazer essa determinação.

Este método de classificação é frequentemente utilizado em situações onde há dificuldades na obtenção de amostras de treinamento ou quando o analista não tem um conhecimento prévio do território.

Apesar disso, os classificadores não supervisionados não são menos precisos do que os supervisionados. Nesse método, o algoritmo agrupa pixels com características espectrais semelhantes em áreas homogêneas, conhecidas como clusters. Esses clusters são utilizados em uma segunda etapa, geralmente em conjunto com a classificação supervisionada, para melhorar o detalhamento do mapeamento.

No entanto, é importante ressaltar que a classificação não supervisionada pode resultar em categorias que não refletem fielmente a realidade do terreno, pois o principal critério utilizado é a assinatura espectral, que pode ser influenciada por diversos fatores.

4.2.2 SUPERVISIONADA

Semelhante ao método anterior, a classificação supervisionada difere na medida em que o algoritmo é treinado pelo usuário com base em amostras coletadas para cada classe. Em outras palavras, os pixels com assinatura espectral próxima àquela fornecida nas amostras são agrupados em uma mesma classe. Este método exige uma análise visual prévia do usuário, sendo mais indicado em trabalhos nos quais há conhecimento da área de estudo.

O propósito inicial deste trabalho era comparar diretamente o uso e ocupação do solo por meio das análises supervisionada e não supervisionada. No entanto, durante a análise não supervisionada, observou-se que, em diversas tentativas e com diferentes algoritmos, a mistura de pixels distintos na mesma classe era recorrente,

comprometendo a fidelidade dos dados. Diante dessa constatação, optou-se por realizar a classificação do solo utilizando o método supervisionado.

Mesmo com a abordagem supervisionada, existe a possibilidade de erros na separação dos pixels entre as classes. Embora esse método reduza esse tipo de erro, não o elimina completamente, pois o treinamento do algoritmo é baseado em amostras coletadas para cada classe.

A classificação das imagens foi conduzida utilizando a ferramenta Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) no software QGIS, versão 3.34.2. Embora tenham sido testados outros classificadores, como o Dzetska e o Orfeo Tool Box, essas ferramentas apresentaram resultados imprecisos, com o agrupamento de pixels de diferentes classes em uma mesma categoria. Portanto, optou-se pelo uso do SCP devido à sua maior precisão neste estudo. Para isso, foi realizada a coleta de amostras para o treinamento da ferramenta de classificação, utilizando imagens de satélite fornecidas pelo Google Earth para comparação e uma coleta de amostras mais precisa.

Assim, a partir da análise visual da área de estudo, chegou-se ao número de cinco classes para as amostras, sendo elas: Vegetação, Agricultura e pastagem, Solo exposto, Urbano e Água.

Para os anos de 2006 e 2022, optou-se pelo uso dos satélites Landsat 7 e 9, respectivamente. Devido à distância temporal e ao objetivo de comparar imagens de anos diferentes, ambos pertencem à mesma família de satélites, com poucas ou nenhuma diferença nos sensores que poderiam gerar divergências. As imagens de satélite foram obtidas a partir do acervo disponibilizado pelo Serviço Geológico Norte-Americano (USGS), responsável pelos satélites da família Landsat.

Para as imagens de 2006, a combinação das bandas 7, 5 e 3 foi realizada para formar uma composição falsa-cor. Os testes de classificação com composição RGB geraram pixels com assinaturas espectrais muito próximas, resultando na contaminação de clusters diferentes. Assim, optou-se pela combinação de bandas do tipo falsa-cor para ambos os anos.

No ano de 2022, a mesma composição de cores foi utilizada, divergindo apenas nas bandas 7, 6 e 4, pois foram utilizadas imagens do Landsat-9. Adicionalmente, foi realizado o pós-processamento da imagem, aumentando a resolução espacial de 30x30 metros para 15 metros nas bandas 7 (vermelha), 6 (verde) e 4 (azul). Esse processo foi executado com a ferramenta "Pansharpening", utilizando a banda 8,

correspondente à faixa pancromática. Esse aprimoramento na qualidade da imagem facilita a classificação por algoritmo e a revisão visual do produto.

Para a classificação do solo no ano de 2023, foram utilizadas imagens do satélite CBERS-4A. A combinação das bandas 3, 2 e 1 resultou em uma composição colorida com resolução de 8 metros. Recorrendo novamente à ferramenta "Pansharpening" e à banda pancromática, foi obtida uma imagem com resolução de 2 metros, possibilitando uma diferenciação visual mais precisa do uso e ocupação do solo e, consequentemente, resultando em uma classificação mais acurada.

4.2.3 MAPBIOMAS

A classificação do uso e ocupação do solo fornecida pelo MapBiomas baseia-se na composição de diversas imagens de satélite da família Landsat ao longo de todo o ano. Esse processo envolve a média dos dados para obter um resultado mais preciso e fiel à realidade, alcançando uma acurácia de 84%, conforme informado no próprio site.

Diante dessa abordagem consolidada, optou-se por realizar a classificação do solo na APA Bororé-Colônia de duas maneiras distintas em duas datas específicas: utilizando a classificação supervisionada e a classificação da coleção 8 fornecida pelo MapBiomas. A intenção é comparar essas duas abordagens, permitindo a observação das semelhanças e diferenças entre os tipos de classificação do solo.

5 DISCUSSÃO

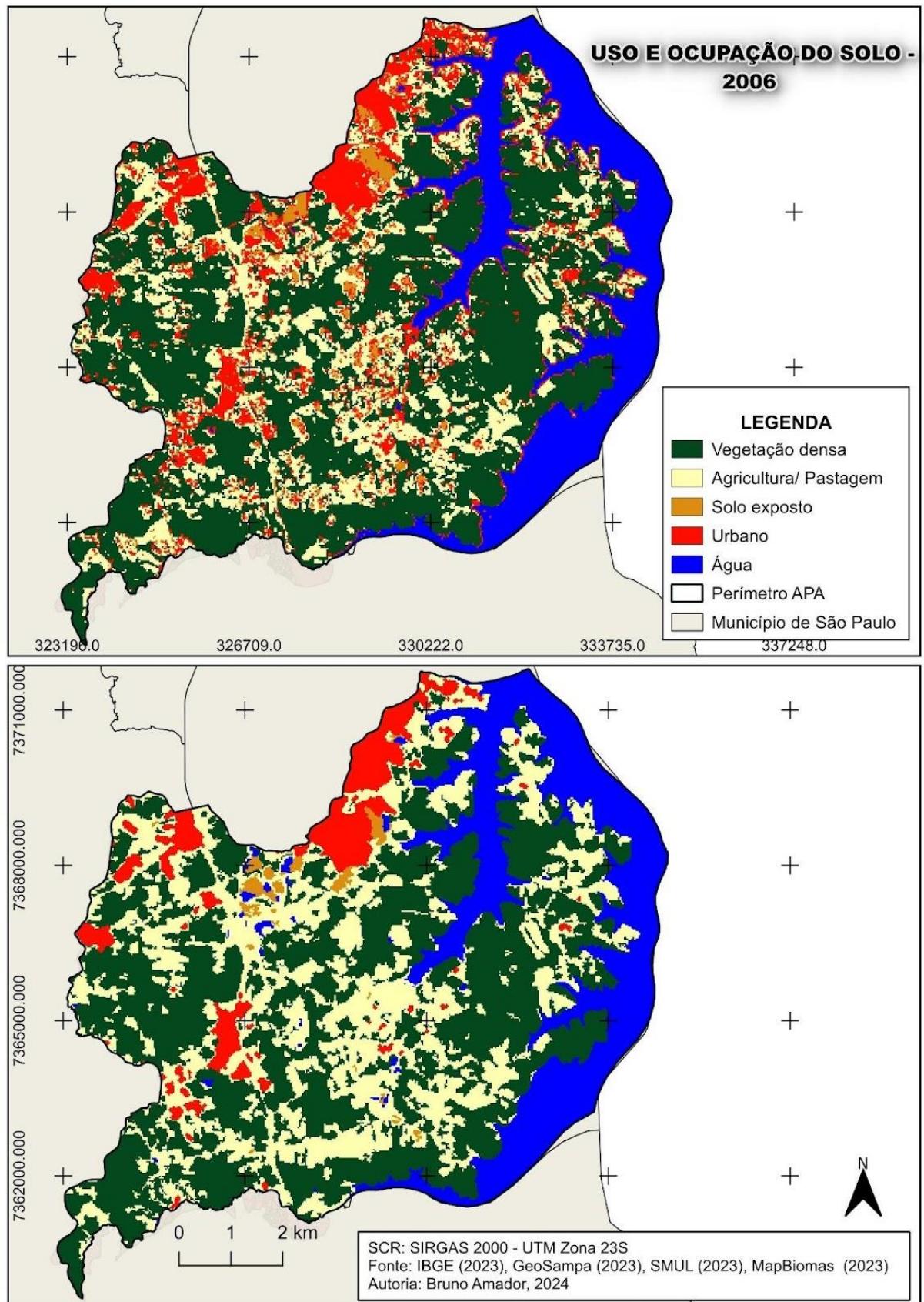
Para realizar a classificação supervisionada do solo na APA, foram conduzidas duas análises distintas. Primeiramente, uma abordagem visual foi empregada utilizando imagens de satélite de diferentes períodos para observar o uso e ocupação do solo. Esta análise permitiu justificar sucintamente a classificação em cinco classes distintas. Adicionalmente, a classificação fornecida pelo MapBiomass foi considerada, uma vez que também apresenta cinco classes principais, com subdivisões.

Ao levar em conta a especificidade da APA Bororé-Colônia e considerando a utilização desta classificação no escopo deste trabalho, foram identificadas as seguintes classes principais, que serão utilizadas na classificação supervisionada:

- Vegetação: Compreende áreas de vegetação arbórea nativa virgem ou em processo de recuperação.
- Agricultura e Pastagem: Inclui locais destinados ao cultivo, solo com vegetação rasteira e áreas de pastagem.
- Solo Exposto: Engloba áreas de solo com pouca ou nenhuma vegetação, incluindo afloramentos de rochas ou áreas de mineração.
- Urbano: Refere-se a áreas ocupadas por construções civis e infraestruturas viárias.
- Água: Engloba corpos hídricos como a Represa Billings, lagoas e lagos de mineração.

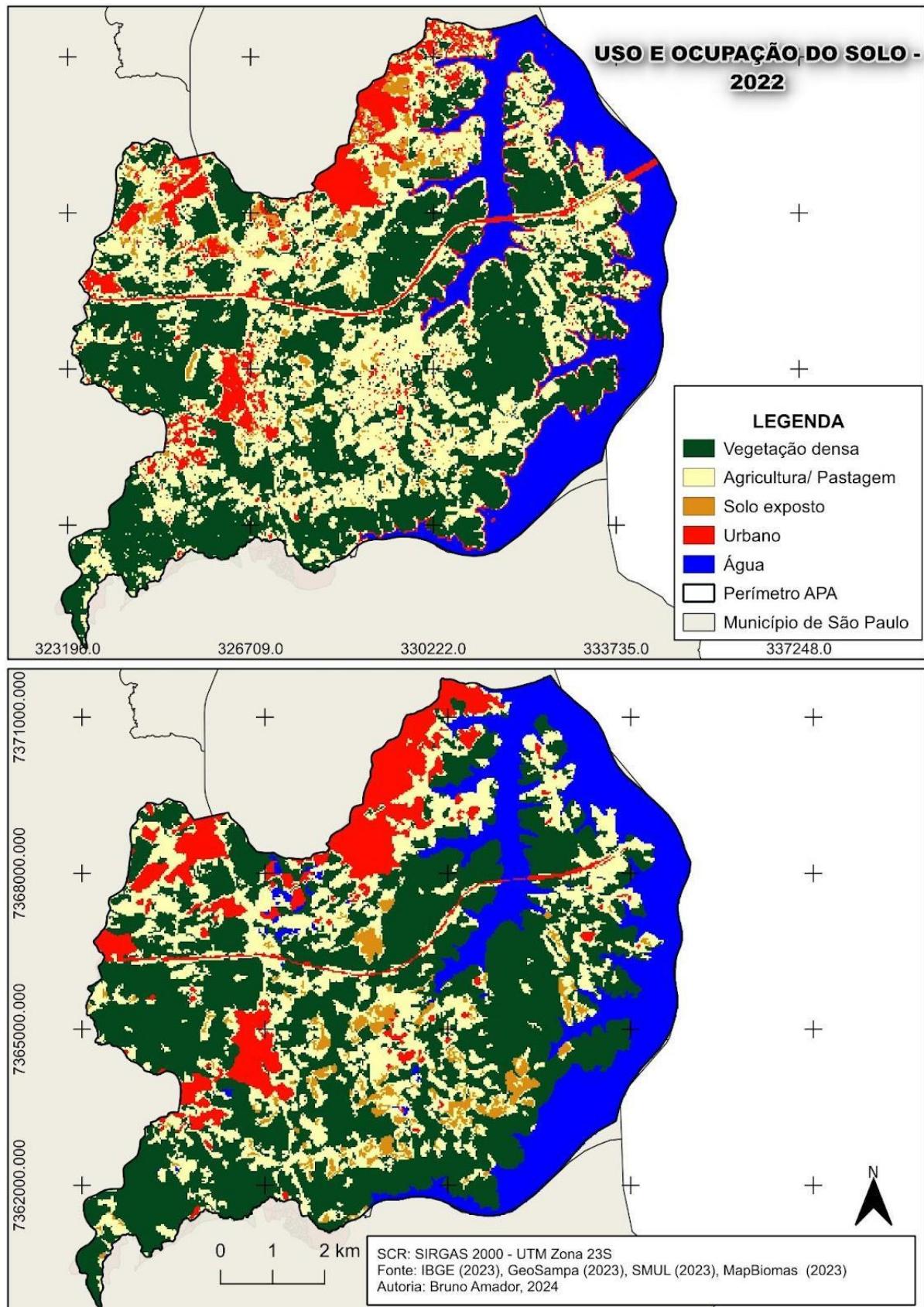
Os resultados das classificações do solo foram registrados nas figuras 10, 11 e 12 a seguir.

Figura 7 - Uso e ocupação do solo em 2006. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomass



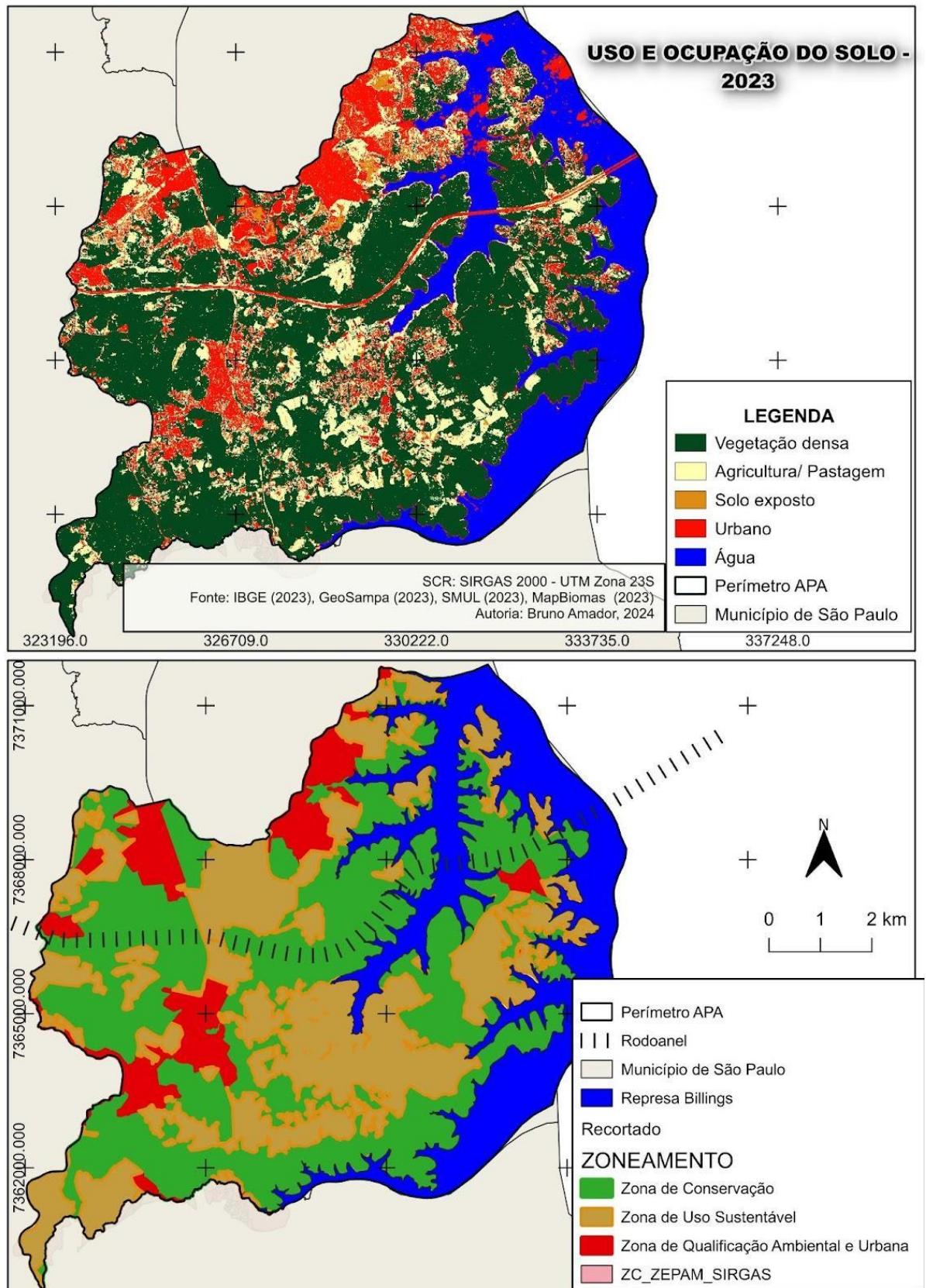
Fonte: Elaboração própria

Figura 8 - Uso e ocupação do solo em 2006. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomass



Fonte: Elaboração própria

Figura 9 - Uso e ocupação do solo em 2023. Imagem acima correspondente à classificação supervisionada e a seguinte à coleção MapBiomas



Fonte: Elaboração própria

A tabela a seguir (figura 13) evidencia os dados extraídos para cada classe de todos os mapas:

Tabela 3 - Dados extraídos

Classes	2006				2022				2023	
	Supervisionada (Km ²)	%	Map Biomas (Km ²)	%	Supervisionada (Km ²)	%	Map Biomas (Km ²)	%	Supervisionada (Km ²)	%
Vegetação	41.252,92	47,27%	39.118,65	44,83%	35.123,44	40,25%	40.531,02	46,44%	44.319,02	50,78%
Agrícola/Pastagem	18.459,44	21,15%	25.919,66	29,70%	29.106,28	33,35%	19.479,39	22,32%	14.146,16	16,21%
Solo exposto	2.743,48	3,14%	832,44	0,95%	2.135,12	2,45%	2.721,25	3,12%	1.430,27	1,64%
Urbano	10.898,46	12,49%	5.446,97	6,24%	8.110,94	9,29%	8.670,00	9,93%	13.459,51	15,42%
Água	13.915,12	15,95%	15.951,70	18,28%	12.793,64	14,66%	15.867,76	18,18%	13.914,46	15,94%
TOTAL	87.269,42	100,00%	87.269,42	100,00%	87.269,42	100,00%	87.269,42	100,00%	87.269,42	100,00%

Fonte: Elaboração própria

À primeira vista, é evidente que, na análise visual, a classificação supervisionada apresenta uma maior fidelidade à realidade em comparação com a proposta pelo MapBiomass. Isso se deve principalmente ao fato de a plataforma realizar a compilação e tratamento dos dados obtidos por meio das imagens coletadas ao longo de todo o ano, resultando em uma única imagem. No entanto, essa abordagem não possibilita a visualização de mudanças específicas na paisagem em determinadas datas, pois os dados obtidos refletem uma média anual.

No entanto, ao examinar numericamente os dados, observa-se uma maior estabilidade nos resultados fornecidos pelo MapBiomass. Por exemplo, a partir da análise visual (figura 14) e numérica, a classe urbana teve um aumento perceptível, algo que é evidenciado ao extraír os dados das classificações do MapBiomass. Porém, na classificação supervisionada, os números demonstram que houve uma diminuição de 2006 a 2022, e um aumento de 2022 a 2023. Basta analisar as imagens de satélites dos períodos para visualizar que a classe urbana não apresentou visualmente algum tipo de decréscimo.

. Assim, a imagem do MapBiomass se mostrou mais precisa a respeito dos dados numéricos extraídos, enquanto a classificação supervisionada apresentou um produto visual mais próximo da realidade entre as três datas analisadas. Nesse sentido, para a análise visual, optou-se pela classificação supervisionada realizada

nesta análise, enquanto os dados numéricos foram extraídos da classificação do MapBiomass.

Ao explorar os dados de 2006 e 2022 da classificação do MapBiomass, é evidente um leve aumento de 3,59% na área coberta por vegetação. Em contrapartida, agricultura e pastagem diminuíram de 29,7% para 22,32%. A análise visual revela que áreas de agricultura e pastagem em 2006 aparecem classificadas como vegetação no mesmo ano. Ao observar a imagem, torna-se aparente que essas áreas possuem características de monocultura arbórea, indicando a limitação do algoritmo em diferenciar os diversos tipos de vegetação em ambas as classificações.

A classe de solo exposto apresentou um notável crescimento de 228%. Visualmente, diversos fatores podem ter contribuído para esse aumento, incluindo a presença de atividades de mineração na região, solo exposto devido ao desmatamento e aterramento por descarte de resíduos e terra.

A categoria urbana teve um crescimento considerável de 59,13%. Considerando a variação visual e estatística, associada ao zoneamento vigente da APA, essa expansão levanta preocupações, especialmente devido ao aumento expressivo de loteamentos clandestinos na região, contrariando as diretrizes do zoneamento, mesmo em Zona de Uso Sustentável.

Por fim, a variação na categoria água pode ser explicada pelas condições hidrológicas da represa Billings, destacando a influência dos fatores ambientais, como nível da represa, índice pluviométrico e estações do ano, na classificação das áreas aquáticas.

Essa análise crítica dos dados ressalta não apenas as limitações dos algoritmos de classificação, mas também a importância de abordagens complementares, como a análise visual, para uma compreensão mais completa e precisa das dinâmicas de uso do solo na região da APA Bororé-Colônia.

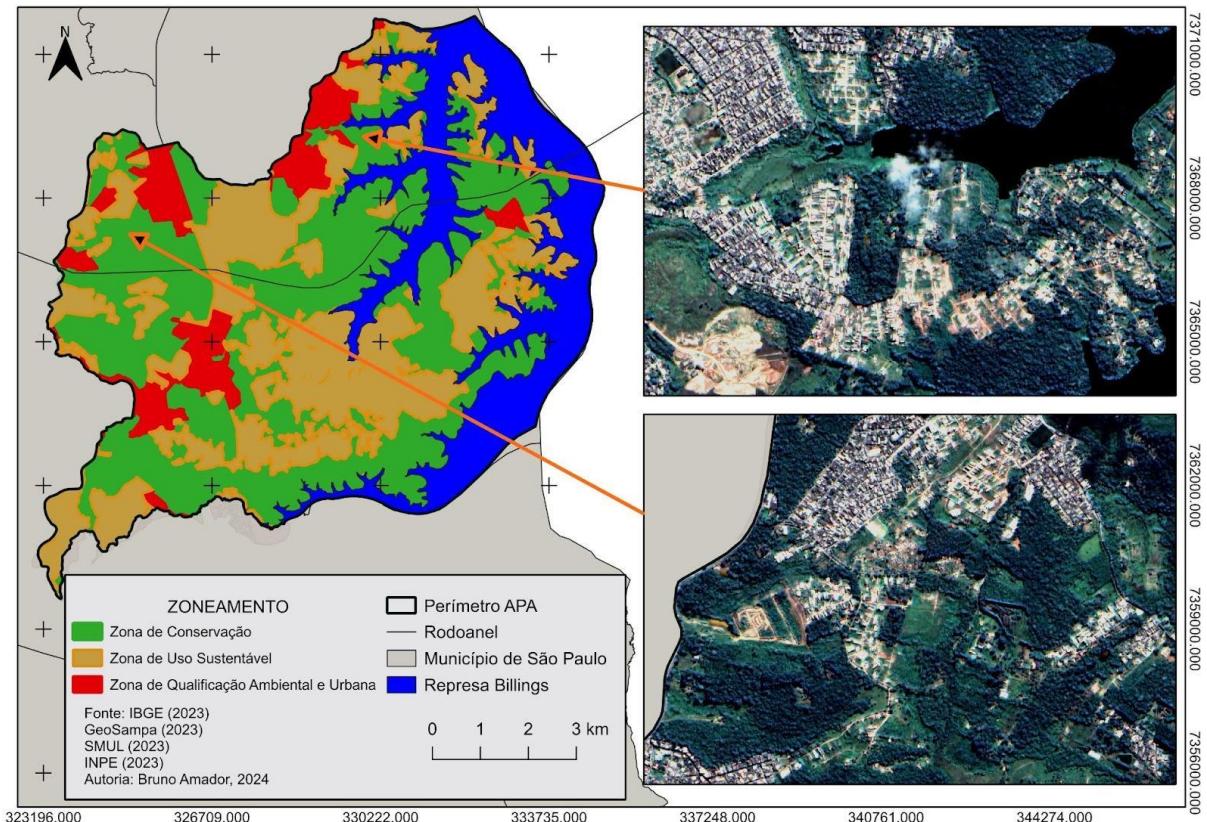
Na classificação supervisionada a área de Vegetação representou 47,27% do território. Em contrapartida, Agricultura/Pastagem atinge 21,15%, Solo Exposto 3,14%, Urbano 12,49%, e Água 15,95%. Comparativamente, o MapBiomass revela algumas diferenças, especialmente nas categorias Agricultura/Pastagem e Solo Exposto, indicando possíveis limitações no algoritmo que não distingue monoculturas arbóreas de vegetação nativa.

Ao avançar para 2022, percebemos uma transformação significativa na paisagem. A classificação supervisionada indica uma diminuição na área de Vegetação, atingindo 40,25%, enquanto Agricultura/Pastagem aumenta para 33,35%. As áreas Urbana e de Água permanecem relativamente estáveis. No entanto, a comparação com o MapBiomass destaca divergências, sinalizando desafios na distinção de cultivos específicos.

O ano de 2023 apresenta mudanças notáveis. Na classificação supervisionada, a Vegetação atinge 50,78%, indicando aumento em relação a 2022, mas decréscimo comparado com 2006. Agricultura/Pastagem diminui para 16,21%, Solo Exposto se reduz, e as áreas Urbanas e de Água aumentam. Essas mudanças podem ser explicadas por processos como desativação de minas e expansão urbana.

A exemplo a seguir, o mapa (figura 14) exemplifica a importância da análise visual. Foram observadas as duas áreas com maiores mudanças perceptíveis e, que na classificação supervisionada e do MapBiomass, não evidenciou corretamente.

Figura 10 - Locais com maiores mudanças



Fonte: Elaboração própria

Considerando o panorama geral, o aumento na cobertura vegetal entre 2006 e 2022 sugere esforços de conservação ou recuperação ambiental na APA Bororé-Colônia. Reduções na área destinada à agricultura/pastagem indicam mudanças nas práticas agrícolas. A expansão urbana, evidenciada por loteamentos clandestinos, reflete o crescimento populacional e processos de urbanização, enquanto o aumento na área de solo exposto destaca desafios com o manejo de descarte de resíduos sólidos e aterramento na região.

A estabilidade na área de corpos d'água sugere condições hidrológicas consistentes. A análise numérica, com padrões de aumento e diminuição, ressalta a complexidade na interpretação dos dados.

6 CONCLUSÃO

Este estudo investiga as dinâmicas de uso do solo na região da Área de Proteção Ambiental (APA) Bororé-Colônia, no município de São Paulo, utilizando dados de classificação supervisionada e do projeto MapBiomas. A análise numérica demonstra a estabilidade dos resultados do MapBiomas, enquanto a classificação supervisionada oferece uma representação visual mais próxima da realidade. As divergências entre os métodos ressaltam as limitações dos algoritmos de classificação e destacam a importância da análise complementar para uma compreensão precisa das mudanças no uso do solo.

Comparando os dados de 2006 e 2022, observa-se um aumento leve de 3,59% na área de vegetação, enquanto a área destinada à agricultura e pastagem diminuiu de 29,7% para 22,32%. No entanto, a classificação não diferencia adequadamente os diferentes tipos de vegetação, apontando para limitações do algoritmo. A classe de solo exposto teve um expressivo crescimento de 228%. Já a área urbana apresentou um aumento em 59,13%, gerando preocupações em relação ao zoneamento da APA, devido ao surgimento expressivo de loteamentos clandestinos, contrariando diretrizes mesmo em Zona de Uso Sustentável.

Se levarmos em conta o zoneamento da APA e os dados obtidos, é possível concluir que a expansão urbana está ocorrendo de forma agressiva e irreversível, com a presença de loteamentos irregulares que não seguem normas ambientais, ainda mais vigentes dentro de uma APA, onde alguns se expandem em direção às margens da represa Billings. É notável que a criação de Zonas de Conservação desempenham um papel importante na preservação ambiental de biomas, especialmente em uma cidade que há anos se expande de maneira descontrolada e sem planejamento. Entretanto, a tentativa de preservação destas áreas não deve ocorrer somente nesta via visto que grande parte do problema se encontra em questões sociais como a especulação imobiliária e racismo ambiental.

Por isso, conclui-se que para um melhor manuseamento das áreas de preservação ambiental é importante que o poder público não somente faça a fiscalização física e jurídica, mas também tenha políticas públicas habitacionais funcionais.

7 BIBLIOGRAFIA

NOBRE C.A.; YOUNG, A.F.; SALDIVA, P.; MARENKO, J.A.; NOBRE, A.D.; ALVES

JR., S.; SILVA, G.M.C.; LOMBARDO, M. **Vulnerabilidade das Megacidades Brasileiras às Mudanças Climáticas: Região Metropolitana de São Paulo, Relatório Final.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, Sumário executivo, p.32, 2010

FRANCO. **Infraestrutura verde para a resiliência urbana às mudanças climáticas da cidade de São Paulo.** Relatório Científico de Progresso (R-1 FAPESP/ANUAL). Processo 15/10597-0. Faculdade de Arquitetura Urbanismo e Design da Universidade de São Paulo, 2016

Prefeitura do Município de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. **Unidade de Conservação. Área de Proteção Ambiental (APA) Bororé-Colônia.** Disponível em:

https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de Conservacao/apa_bororecolonia/index.php?p=41963. Acesso em: [data de acesso]

GOMES, Marcus Vinicius Figueiredo. **Evolução do uso e cobertura do solo no município de Corumbiara (RO) de 1985 a 2019.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/5bfab9fb-b1cc-4f9f-b706-ed948e292f26/2022_MarcusViniciusFigueiredoGomes_TGI.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

ARANHA, Marília Cavallari e. **Vegetação na área urbana de São Paulo: distribuição espacial e relações com aspectos socioeconômicos.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em:

https://repositorio.usp.br/directbitstream/c288c24a-7c51-4bab-9570-a847442b93cf/2019_MariliaCavallarieAranha.TGI.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

SILVA, Leila Sampaio. **Uso e Ocupação da Amazônia brasileira e as causas do desmatamento**: uma análise do caso de Mato Grosso a partir dos dados do PRODES. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/fab00468-8e29-47a7-b9e6-75c887baa67b/2020_LeilaSampaiodaSilva.pdf. Acesso em: 21 jul. 2023.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. I.], v. 10, p. 41-58, 2011. DOI: 10.7154/RDG.1996.0010.0004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53703>. Acesso em: 14 nov. 2023

Brasil. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 15 novembro 2023.

Prefeitura do Município de São Paulo. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. **Unidade de Conservação - APA Bororé-Colônia**. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de Conservacao/index.php?p=3339. Acesso em: 25 nov. 2023.

Prefeitura do Município de São Paulo. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. **APA Bororé-Colônia - Atividades**. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de Conservacao/apa_bororecolonia/index.php?p=41963. Acesso em: 25 nov. 2023.

Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Comitê de Bacias Hidrográficas. **Sub-bacias do Estado de São Paulo**. Disponível em: <https://www.infraestruturaeambiente.sp.gov.br/cpla/sub-bacias-do-estado-de-sao-paulo/>. Acesso em: 27 nov. 2023.

LARA, Fernão Lopes Ginez de. **Modernização e desenvolvimentismo: formação das primeiras favelas de São Paulo e a favela do Vergueiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/D.8.2013.tde-11032013-111954. Acesso em: 2024-01-27.

Lincoln Institute of Land Policy. **Atlas of Urban Expansion**. Disponível em: <https://www.lincolninst.edu/research-data/data/atlas-urban-expansion>. Acesso em: 10 dez. 2023.

Souza, G. R. A periferia da metrópole: expansão urbana, segregação socioespacial e movimentos sociais na Zona Sul de São Paulo. **Anais do XI Congresso de História Econômica**, 2020. Disponível em: <https://congressohistoriaeconomica.fflch.usp.br/sites/congressohistoriaeconomica.fflch.usp.br/files/publicacoes/XI-congresso-2020-anais-eletronicos-Guilherme-Ribeiro-de-Souza.pdf>. Acesso em 08 jan. 2024

Caldeira, T. P. R. A cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo. Edusp, v. 1 2000. Disponível em: <https://csociais.files.wordpress.com/2014/05/caldeira-teresa-a-cidade-de-muros-completo.pdf>. Acesso em 27 jan. 2024

Campbell, J. B. **Introduction to Remote Sensing**. The Guilford Press, New York, 1987.

Florenzano, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

CBERS - Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. Lançamento do CBERS- Disponível em: <http://www.cbers.inpe.br/lancamentos/cbers4.php>. Acesso em: 02 Jan. 2024.

Martins, A. P. G., Ribeiro, A. P., Ferreira, M. L., Martins, M. A. G., Negri, E. M., Scapin, M. A., Oliveira, A. D., Saiki, M., Saldiva, P. H. N., & Laforteza, R. (2021).

Infraestrutura verde para monitorar e minimizar os impactos da poluição atmosférica. Revista USP, 2021. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/190245/175665#info>. Acesso em: 15/02/2024.

GEODETEC. **PDI: chão ao satélite.** Disponível em: <https://geosensor.com.br/2023/04/24/pdi-chao-ao-satelite/>. Acesso em: 23 jan. 2024.