

O fenômeno da ocupação esparsa no processo de expansão da área urbanizada no Município de São Paulo

1. Introdução

O presente Informe Urbano tem como objetivo analisar as transformações de uso e ocupação do solo na cidade de São Paulo, que podem indicar um processo contínuo de ampliação da área urbanizada entre os anos de 2002 e 2022. Em especial, analisaremos as alterações nas áreas classificadas como ocupação esparsa e identificadas por meio do processamento digital de imagens LANDSAT, adotando-se a classificação *Local Climate Zones* (LCZ), proposta por Stewart e Oke (2012) e já utilizada pelo Geoinfo em Informes Urbanos anteriores [SÃO PAULO (CIDADE), 2022 a, b].

Nas últimas décadas, a expansão urbana em São Paulo e em sua região metropolitana vem avançando em direção às áreas que apresentam condicionantes naturais desfavoráveis à urbanização e onde estão presentes importantes serviços ecossistêmicos, cuja preservação e recuperação são fundamentais para a sustentabilidade da metrópole. Torna-se, portanto, de fundamental importância a elaboração de estudos que busquem identificar e compreender os processos atuantes nesses territórios, particularmente, nas áreas de ocupação esparsa, considerando que elas se situam nas regiões de transição entre o urbano e o rural e apresentam especificidades e características distintas, dependendo de sua localização, sugerindo a existência de diferentes dinâmicas de ocupação (urbanas e não urbanas).

1.1. Breve contextualização

A expansão urbana no município e em sua região metropolitana tem raízes históricas associadas ao processo de industrialização, que ocorreu com maior intensidade a partir da década de 1950, até meados dos anos de 1970. Conforme apontado por Rolnik (2022), o espraiamento da ocupação urbana para o sudeste do município teve início com a instalação da indústria automobilística no ABC paulista, nos anos de 1950.

Posteriormente, respondendo às dinâmicas socioeconômicas que não se restringem à sua própria, São Paulo vai se expandindo junto com os municípios em seu entorno, processo que se consagra em 1973 com a lei federal complementar¹ que institui a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Em décadas posteriores, tem-se o início da reestruturação das atividades produtivas, intensificada nos anos de 1990, com a desconcentração das atividades industriais em toda a RMSP. Este fenômeno resulta em alterações na organização da produção² e contribui para a expansão do setor terciário, com destaque para a especialização dos serviços complementares associados à indústria e a concentração dos serviços ligados ao capital financeiro, aos polos tecnológicos, de pesquisa, inovação e de serviços educacionais. A cidade também se consolida como sede das principais companhias nacionais e estrangeiras que atuam no país (SEVERIAN, 2018).

¹ Lei Federal Complementar nº 14, de 08 de junho de 1973.

² Diversos autores discutem a desconcentração da atividade industrial na RMSP, com destaque para Azzoni (1986) e Diniz (1993).

Cabe destacar, no entanto, que segundo Diniz e Campolina (2007) isso não teria representado um esvaziamento da ocupação fabril. A metrópole paulistana aparentemente superpôs funções econômicas, concentrando capacidades de comando sem perder completamente a produção industrial. Embora a contribuição da atividade secundária no PIB da cidade de São Paulo tenha diminuído ao longo das últimas décadas, é nela que se concentra parcela significativa da produção industrial tecnologicamente mais complexa (química, farmacêutica, gráfica, de eletrônicos, entre outros)³.

Em paralelo às transformações no setor da produção, houve um significativo declínio no percentual do crescimento demográfico desde a década de 1970, resultando em taxas geométricas anuais de crescimento cada vez menores no município, fruto da reversão da migração interna em direção à capital e da queda nos índices de fertilidade e de natalidade da população brasileira. A consolidação dessa tendência foi registrada na década de 1990, período em que se identificaram, inclusive, taxas negativas de crescimento anual da população nos distritos mais centrais do município (SÃO PAULO, CIDADE, 2008).

O surgimento de novas centralidades no município, associado à redistribuição das atividades econômicas, e à elevação do custo de vida na capital levam a uma reestruturação da forma como a população passa a ocupar o território. A partir da década de 1970 houve um deslocamento habitacional significativo em direção a regiões mais afastadas do centro e para cidades vizinhas. Isto resultou, dentre outras consequências, no esvaziamento e na progressiva degradação do Centro Histórico (ROLNIK, 2022).

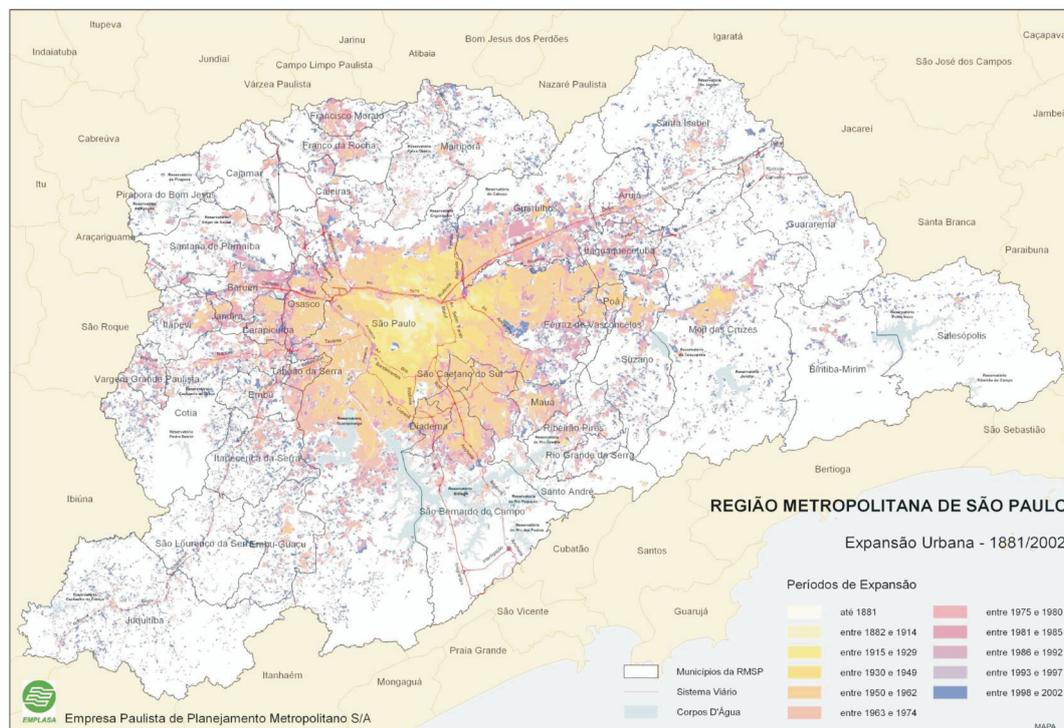
Este processo foi objeto de documentação cartográfica por diversos autores tendo, no entanto, como destaque, os mapeamentos elaborados pela Empresa de Planejamento Metropolitano - Emplasa entre as décadas de 1970 e 2010. O *Mapa da Expansão da Área Urbanizada da Região Metropolitana de São Paulo* foi concluído em 2002 e teve como objetivo monitorar o crescimento da metrópole (SÃO PAULO, 2003). Os períodos de crescimento representados em mapa abrangem o intervalo de 1881 até o ano de 2002, sendo que até 1949 as informações foram coletadas de mapas antigos que não abrangiam a totalidade do que hoje é a RMSPP. A partir de 1962, as informações foram extraídas de fotos aéreas ou de imagens de satélites⁴.

A Figura 1 mostra o avanço da urbanização a partir dos anos de 1950 em direção às áreas mais periféricas e aos municípios vizinhos, extrapolando os limites das áreas mais consolidadas existentes entre os rios Tietê e Pinheiros, criando um contínuo edificado que suplanta os limites administrativos e se junta a outros municípios (conurbação), ou seja, uma mancha urbana contínua. Importante notar que além da identificação desse processo, é possível observar uma miríade de núcleos de ocupação dispersos no território municipal a partir da década de 1970, ampliando-se consideravelmente nos anos de 1990. Trata-se de núcleos esparsos que podem ser identificados em toda a área metropolitana e, no caso de São Paulo, em maior número nas Zonas Sul e Leste. No entanto, salienta-se que sua identificação à época foi, em parte, resultado da metodologia utilizada pela Emplasa no levantamento de 2002 (imagens *Ikonos* com alto grau de resolução), que incluiu como área urbanizada loteamentos de chácaras de lazer, edificações e instalações de serviços ao longo de rodovias, além de instalações industriais no entorno da mancha urbana contínua. (SÃO PAULO, CIDADE, 2008).

³ De 2010 a 2020, a contribuição da atividade industrial no PIB do Estado de São Paulo caiu de 27,4% para 20,5%. Na cidade de São Paulo para o mesmo período a contribuição da indústria passou de 9,9% para 9,3% (IBGE, 2023).

⁴ Os intervalos analisados pela Emplasa (2003) foram: até 1881, de 1882 a 1914, de 1915 a 1929, de 1930 a 1949, de 1950 a 1962, de 1963 a 1974, de 1975 a 1980, de 1981 a 1985, de 1986 a 1992, de 1993 a 1997 e de 1998 a 2002.

Figura 1
Expansão urbana
 Região Metropolitana de São Paulo (RMSP)
 1881 - 2002



Fonte: Expansão da área urbana da Região Metropolitana de São Paulo (versão preliminar).
 Elaboração: Emplasa. São Paulo (2003).

A tabela 1, cujos dados foram extraídos do mapeamento da Emplasa (SÃO PAULO, 2003), apresenta a evolução da área urbanizada na cidade no período de 1949 e 2002, com destaque para o crescimento da ocupação urbana na Área de Proteção e Recuperação de Mananciais - APRM a partir do final da década de 1960 e início dos anos de 1970. No último período mapeado (1998 a 2002), por exemplo, enquanto o crescimento da urbanização no município foi de 8,6% (7.529 ha), no mesmo período o incremento foi de 28,16% (3.217 ha) na APRM.

Com a extinção da Emplasa em 2019, não houve continuidade destes estudos, não sendo possível, portanto, comparar os resultados obtidos no mapeamento que subsidiou o presente Informe com os que poderiam ter advindo da atualização dos trabalhos da citada empresa de planejamento.

Tabela 1
Área urbanizada
 Município de São Paulo
 1949 - 2002

Área (em hectares)	Até 1949	1950 - 1962	Até 1974	Até 1997	Até 2002
Fora da APRM	26.166	58.275	62.607	72.059	76.371
Em APRM*	4	1.571	5.204	8.204	11.421
Total	26.170	59.846	67.811	80.263	87.792

* Refere-se às Áreas de Proteção e Recuperação de Mananciais da Bacia do Guarapiranga e da Bacia da Billings, ainda que a legislação de mananciais tenha sido aprovada somente a partir de 1975, tendo seus limites definidos após 1976, com a edição da Lei nº 1.172, de 17 de novembro de 1976.

Fonte: Emplasa (2003).
 Elaboração: SMUL/GeoInfo.

A partir de 2005, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE iniciou uma série de estudos com o objetivo de mensurar, por meio de mapeamento, a distribuição e extensão das manchas urbanas no país, sendo os resultados disponibilizados na publicação “Áreas urbanizadas do Brasil” (IBGE, 2005, 2015 e 2019). Com abrangência nacional, os mapeamentos resultaram em uma classificação binária entre urbano e não urbano, em todas as suas edições.

Os dois primeiros estudos (de 2005 e 2015) foram realizados somente para as chamadas “Concentrações Urbanas”, ou seja, cidades com mais de 100 mil habitantes. A edição mais recente, referente ao levantamento de 2019, apresenta como inovações:

i) a ampliação da abrangência do mapeamento, já que agora foram mensuradas as manchas urbanas existentes em todo o território brasileiro;

ii) a introdução dos conceitos de “loteamentos vazios” e de “vazios intraurbanos remanescentes”, que passam a ser mapeados em conjunto com as tipologias já definidas nos dois mapeamentos anteriores, isto é: “outros equipamentos urbanos” e “vazios intraurbanos”⁵;

iii) o estudo comparativo entre os mapeamentos de 2015 e 2019, com o objetivo de avaliar a dimensão das alterações identificadas no período entre os dois mapeamentos e identificar quais delas se referem a transformações, de fato, do território, relacionadas ao processo de urbanização (IBGE, 2019).

Em todas as edições o IBGE adotou atributos de densidade para as áreas urbanizadas, diferenciando:

i) área urbanizada densa e ii) área urbanizada pouco densa. Elas foram definidas tendo como critério a densidade construtiva das áreas, identificadas a partir de aspectos morfológicos observados em imagens de satélite, sendo também considerados: a proximidade entre as residências e edificações e os padrões de arruamento que caracterizam o modo de vida urbano⁶.

A tabela 2 mostra os valores obtidos pelo IBGE (2019) para o Município de São Paulo, tendo sido mapeadas como áreas urbanizadas um total de 91.457 hectares (ha). Deste total, 806 ha correspondem à soma de: parques⁷, praças e áreas particulares permeáveis e vegetadas com superfícies inferiores a 2,5 km²; equipamentos urbanos como os aeroportos de Congonhas e Campo de Marte; e vazios remanescentes, ou seja, áreas vazias identificadas no mapeamento anterior e que após o ano de 2015 teriam sido parcialmente urbanizadas, com redução da sua área não ocupada.

As áreas identificadas como loteamentos vazios, apesar de não serem consideradas ainda como áreas urbanizadas pelo IBGE, foram mapeadas por apresentarem uma intervenção antrópica e indicarem possíveis frentes de expansão da urbanização (IBGE, 2019). Na cidade de São Paulo, a partir do critério adotado por este instituto, o fenômeno atualmente seria inexpressivo, já que totaliza apenas 16 ha, ou menos de 0,02% da área urbanizada.

⁵ Definidos pelo IBGE (2019) como: i. Loteamentos vazios “as áreas que não possuem ocupação e circulação que caracterizam o modo de vida urbano, mas que representam a intervenção antrópica e apontam para um indicativo das frentes de expansão do fenômeno”; ii. Outros equipamentos urbanos são áreas “com presença de estabelecimentos não residenciais, localizadas dentro ou nas bordas das manchas urbanizadas, ou distantes até 3 km delas”; iii. Vazios urbanos remanescentes: “áreas não ocupadas por construções que ocorrem quando um vazio intraurbano tem redução de área devido ao crescimento da mancha urbanizada sobre ele, seja internamente, seja em suas bordas, no período considerado, ficando com área inferior à área mínima do critério de classificação (0,25 km²)”; iv. Vazios intraurbanos “São áreas não ocupadas por construções, como remanescentes vegetacionais, parques, corpos d’água, entre outros elementos, de tamanho superior a 0,25 km² e inferior a 2,5 km², que se encontram no interior do perímetro urbano”.

⁶ Para IBGE (2015) “o modo de vida urbano apresenta característica de relação entre os vizinhos, mediada pela proximidade das residências e demais construções presentes no tecido urbano, além de fatores como a diversidade nas ocupações laborais da população”.

⁷ Para o IBGE, há resultados distintos na definição de urbano e não urbano para os parques da cidade. Por exemplo, o Parque Estadual Fontes do Ipiranga (Parque do Estado) apesar de estar totalmente inserido em área densamente urbanizada, pelos critérios do IBGE, não é computado como área urbanizada, por possuir uma área total de 5,26 km². Já o Parque Ibirapuera, como tem área inferior a 2,5km² é computado como área urbanizada.

Quando analisados os resultados obtidos para o município, pela comparação entre os dois mapeamentos (2015 e 2019), tem-se que, no período, o aumento da área urbanizada foi de aproximadamente 1.900 ha. A Figura 2 mostra um recorte do mapeamento sobre áreas urbanizadas feito pelo IBGE (2019) focado no Município de São Paulo.

Tabela 2
Categorias de áreas urbanizadas e loteamentos vazios

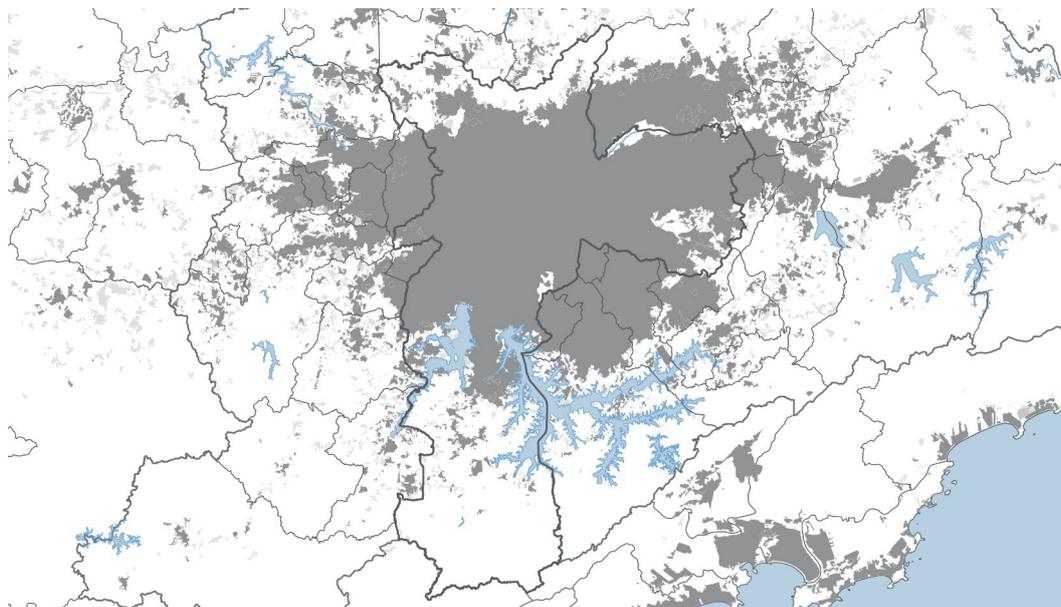
Município de São Paulo
2019

Categorias de área	Área (ha)
Áreas urbanizadas densas	89.536
Áreas urbanizadas pouco densas	1.921
Total de área urbanizada	91.457
Loteamentos vazios	16
Total de área mapeada	91.473

Obs.: As subcategorias Outros equipamentos urbanos, Vazios intraurbanos e Vazios remanescentes, apesar de serem consideradas ocupações em área urbana pelo IBGE, foram mapeadas separadamente das áreas urbanizadas edificadas.

Fonte: IBGE (2019).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

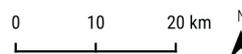
Figura 2
Áreas urbanizadas para o IBGE
Município de São Paulo e entorno
2019



Legenda

Áreas Urbanizadas IBGE 2019

- Densa
- Loteamento vazio
- Pouco densa
- Massa d'água
- Limites dos municípios



Fonte: IBGE (2019).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Os resultados obtidos por estes mapeamentos, em especial, pelos estudos elaborados pelo IBGE, fornecem importantes subsídios para as análises realizadas no âmbito deste Informe Urbano, ainda que haja diferenças conceituais, metodológicas e de escalas entre eles, impedindo a comparação direta dos resultados.

Outra questão central para o desenvolvimento de estudos desta natureza se refere aos conceitos adotados para identificar e delimitar as “áreas urbanizadas”, bem como o que é considerado como “área urbana”, já que ambos os conceitos não são sinônimos. No caso de São Paulo, existem áreas não urbanizadas inseridas no tecido urbano, como é o caso do Parque Estadual Fontes do Ipiranga e núcleos urbanizados isolados em área rural, ainda que a grande parte destes núcleos seja considerada também área urbana pela legislação de ordenamento territorial.

Esses conceitos são objetos de estudo recorrentes de diferentes áreas do conhecimento, como da Geografia, da Sociologia, das Ciências Sociais e do Urbanismo entre outras, sem que se tenha uma definição única, podendo variar de acordo com os parâmetros adotados para sua classificação. Como apontado pelo IBGE (2017), no estudo intitulado “*Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação*”, a definição de limites entre os espaços urbanos e rurais tem sido feita baseada na utilização de um ou mais parâmetros, entre os quais: a delimitação político-administrativa (legalmente atribuída às municipalidades); o corte populacional; a densidade demográfica; a natureza das atividades econômicas, bem como a morfologia e o modo de vida da população. Entretanto, nenhum destes critérios atualmente utilizados atende a todas as dimensões da realidade, capturando apenas frações desta (IBGE, 2017).

No caso do mapeamento realizado para este Informe Urbano foi utilizada a classificação LCZ, que possibilita, a partir de imagens de satélite, parametrizar regiões com a mesma cobertura de solo, estrutura, materiais e atividades humanas, proporcionando uma análise a partir do aquecimento das superfícies considerando suas características físicas, que incluem aspectos de forma e de materiais. A classificação LCZ capta principalmente a diferença entre áreas edificadas, onde há variação no grau de adensamento construtivo e na morfologia da ocupação (LCZ₁ a LCZ₁₀) e áreas não edificadas permeáveis com ou sem vegetação ou com presença de água, tais como represas, lagos, etc. (LCZ_A à LCZ_G). Esta metodologia será mais bem detalhada no item seguinte.

Stewart e Oke (2012), pesquisadores responsáveis pela consolidação da classificação LCZ, apontam que o descrito como urbano em uma cidade ou região difere de outra cidade, portanto, é impossível definir de forma universal o que é “urbano” por sua estrutura física, suas propriedades de superfície ou seu clima térmico. Para os autores, os conceitos “urbano” e “rural” estão se tornando “antiquados” na classificação da paisagem para o mundo atual, visto que a forma urbana está cada vez mais dispersa e descentralizada à medida que os usos tradicionais e não tradicionais da terra coexistem, e as pessoas, o capital, as mercadorias e as informações fluem continuamente entre a cidade e o campo.

Desta forma, no presente Informe, adota-se o entendimento de que os resultados obtidos por esta classificação não indicam de forma direta o que é “área urbanizada” ou “não urbanizada”, ainda que estes termos sejam adotados na análise e, muito menos, o que é urbano ou rural em São Paulo. O que se tem é uma *proxy* (aproximação interpretativa/analítica) para áreas edificadas com diferentes graus de adensamento e áreas não edificadas, associando-se ainda a distribuição espacial (localização) destas áreas, permitindo assim, uma análise qualitativa dos processos de urbanização.

Especial atenção foi dada para as áreas classificadas como LCZ₉ – ocupação esparsa, que no caso de São Paulo, englobaram resultados bastante heterogêneos entre si, com características distintas, incluindo tanto as áreas com urbanização incipiente, onde este processo ainda não parece ter se afirmado em sua plenitude, como também áreas que preservam características rurais, principalmente na Zona Sul. A análise das alterações ocorridas nestas áreas (LCZ₉) no período entre 2002 e 2022 pode auxiliar na compreensão de como vem se dando a expansão urbana na cidade.

2. Metodologia

As LCZs referem-se a um sistema de classificação criado originalmente para estudos de ilhas de calor urbanas, a partir de respostas espectrais de diferentes temperaturas de superfície. Cada uma das 17 classes LCZ originalmente propostas reflete as características que afetam o ambiente térmico local próximo à superfície (dossel urbano)⁸, a partir das diferentes tipologias de cobertura do solo e do calor antropogênico. São definidas por Stewart e Oke (2012) como "regiões de cobertura superficial uniforme, estrutura, material e atividade humana que se estendem por centenas de metros a vários quilômetros em escala horizontal". Esta classificação propõe a parametrização de cada porção do território em 17 classes, das quais 10 correspondem aos padrões de uso do solo construídos e, portanto, com características mais urbanas e as 7 classes restantes como tipologias de cobertura do solo, conforme apresentado no apêndice e no anexo 1.

Inicialmente aplicada às cidades da América do Norte e Europa, a metodologia LCZ vem sendo cada vez mais utilizada, sendo sua aderência testada para outras cidades no mundo que possuem padrões de urbanização muito distintos, com tipologias de uso e ocupação do solo mais heterogêneas que as das cidades do Norte Global, entre as quais grandes metrópoles na China, no Brasil e em países africanos (ZHAO et al, 2023; FERREIRA, 2019; FERREIRA et al, 2020; BROUSSE et al, 2019).

2.1. A classificação LCZ aplicada para a cidade de São Paulo

O estudo realizado para este Informe utilizou duas bases de dados LCZ para comparação entre os anos de 2002 e 2022. A base de 2002 é resultado do trabalho de Ferreira (2019), que fez uso da classificação LCZ para investigar a relação entre vegetação, temperatura da superfície e morfologia urbana na RMSP, e já foi aplicada em Informes anteriores. Já os dados de 2022 foram processados internamente em SMUL/Geoinfo (para maiores informações ver apêndice).

Considerando o objetivo do presente Informe, optou-se por utilizar 14 das 17 classes⁹ LCZ originais de Stewart e Oke (2012). Essas foram agregadas em quatro grandes grupos, nomeados como:

- **Área urbanizada** - engloba sete classes originais do LCZ com diferentes tipos de espaços predominantemente construídos/edificados (LCZ₁ à LCZ₆ + LCZ₈);
- **Área não urbanizada** – engloba cinco classes originais do LCZ, abrangendo os espaços permeáveis, com ou sem cobertura vegetal e solo exposto (LCZ₉ à LCZ₁₀ + LCZ₁₁);
- **Área de ocupação esparsa** - originalmente identificada como LCZ₉, definida por conter edificações dispersas, em áreas predominantemente não edificadas, com alta permeabilidade do solo;
- **Água** - engloba a classe LCZ₁₂, representada pelos grandes corpos d'água, como as Represas Guarapiranga e Billings.

A leitura foi agregada em três¹⁰ dos quatro grupos acima descritos e permitiu detectar alterações ocorridas nos últimos vinte anos em todas as regiões da cidade, fornecendo subsídios para uma melhor compreensão das dinâmicas atuantes na metrópole no século XXI, bem como identificando possíveis tendências.

⁸ "Dossel urbano" - porção localizada abaixo do nível dos telhados com algumas dezenas de metros, gerada por processos em microescala.

⁹ Para fins de classificação e agregação foram excluídas da análise as classes: LCZ₇ - "Baixo Precário" e LCZ₁₀ - Indústria Pesada, porque Ferreira (2019) as excluiu do processamento na classificação de 2002, considerando que estas não atendiam aos critérios técnicos para detecção; LCZ₁₁ - "Rocha ou Pavimento", porque sua detecção também foi considerada falha na classificação de 2022 realizada por SMUL/Geoinfo.

¹⁰ As alterações detectadas para a classe LCZ₁₂, Água, não foram analisadas considerando que elas não são objeto do Informe e sim as transformações do uso do solo, em especial das áreas de ocupação esparsa. Destaca-se ainda que possam estar associadas a variações sazonais nos níveis de água e/ou probabilidade de ocorrência de vegetação aquática e de floração de algas em porções mais rasas das represas, gerando respostas espectrais distintas da água.

Como já apontado no item anterior, dada a dificuldade de uma definição conceitual única, aplicável para diferentes cidades no mundo, a denominação da classe **Área urbanizada** aqui utilizada não corresponde necessariamente ao conceito de **área urbana**, bem como com os limites definidos pelo Plano Diretor Estratégico de 2014 (PDE, 2014) para as zonas urbana e rural. Como exemplo desta distinção tem-se que no mapeamento ora obtido (para 2002 e 2022) os enclaves não ocupados/edificados, inseridos no tecido urbano consolidado, tais como parques urbanos, praças e terrenos vazios, não estão mapeados e contabilizados como área urbanizada, ainda que pela legislação de ordenamento territorial sejam considerados como zona urbana. O mesmo vale para a classe **Não urbanizada**, ou seja, não necessariamente esta coincide com os polígonos da zona rural do Plano Diretor Estratégico (PDE, 2014). Os polígonos classificados e mapeados como **Áreas de ocupação esparsa (LCZ₉)** tampouco podem ser considerados como exclusivamente urbanos ou, vice-versa, como rurais.

Portanto, o que se está analisando é a ocupação fática do território, e não as diferentes legislações e conceitos de urbano e rural.

Em São Paulo, tanto no processamento de Ferreira (2019) para o ano de 2002, quanto no realizado por SMUL/Geoinfo para o ano de 2022, a classe LCZ₉ teve seus polígonos de treinamento configurados para detecção de áreas ocupadas com baixa densidade de edificações (com baixa ou média altura), em ambientes com altas taxas de permeabilidade natural, localizadas principalmente em regiões periféricas, com usos variando entre residencial, comercial ou agrícola, assim como preconiza as diretrizes de Stewart e Oke (2011) para o desenho do método. Entretanto, o processamento teve achados heterogêneos que vão desde ocupações com características plenamente rurais (sítios, chácaras e áreas de plantio) até aparentes processos de urbanização em curso, como áreas de leitura morfológica em lotes menores que o preconizado pela legislação de uso e ocupação do solo, arruamentos e construções espacialmente adensadas e edificações de usos não residenciais.

Estes resultados, que a princípio podem parecer demasiadamente distintos¹¹, dificultando a sua agregação em uma única classe, no caso de São Paulo, apresentam dois atributos, que quando combinados, justificam sua utilização: i. estão localizados em áreas de preservação ambiental e; ii. apresentam mudança de uso com tendência para urbanização, ou seja, ainda que não necessariamente os achados tenham a indicação de “Área urbanizada”, é possível afirmar que estes acendem um alerta para possíveis mudanças de uso e ocupação relevantes.

Portanto, a classe LCZ₉, pode abrigar funcionalidades bastante distintas, como por exemplo, sítios e chácaras, incluindo aqueles com produção agrícola; novos loteamentos ou loteamentos antigos ainda pouco ocupados; ocupação residencial com características precárias ou de alto padrão; e ainda edificações não residenciais. Esta heterogeneidade de uso e ocupação do solo sugere a existência de dinâmicas de ocupação do espaço distintas, variando conforme a região da cidade.

Considerando que a grande maioria das áreas de ocupação esparsa está localizada em três das quatro macroáreas da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (MPRA), cujas características se encontram descritas no item 4, a análise se restringe aos seus limites.

¹¹ Resultados distintos em uma única classe também ocorreram em outras cidades. Por exemplo, Demuzere et al. (2020), aplicando a classificação para nove cidades americanas, optaram em descartar a classe LCZ₉ nos mapas finais, por conta da baixa precisão quanto a porcentagem de pixels classificados homogeneamente conforme a descrição estrita de áreas de ocupação esparsa. Segundo os pesquisadores, a confusão na classificação provavelmente decorre do fato de que nesta classe predominam áreas com cobertura natural do solo, e que, portanto, por se comportar termicamente como uma cobertura natural, seria facilmente confundida com as classes de LCZ naturais (alta permeabilidade, com ou sem vegetação).

3. Discussão dos resultados

Os dados obtidos para os anos de 2002 e 2022 permitem identificar que, no período, houve no município um crescimento de 1% da área urbanizada, que corresponde atualmente a 57% do território paulistano. Esse incremento, em termos absolutos (1.800 ha) não é desprezível, porém, não se compara ao crescimento experimentado nos períodos anteriores à década de 2000. Utilizando os dados da Emplasa apresentados na tabela 1, entre 1997 e 2002, a cidade teve um aumento de sua área urbanizada de mais de 7.000 ha em apenas cinco anos, ou seja, em um quarto do período ora analisado neste Informe Urbano. No restante do território, atualmente, tem-se 31% (47.091 ha) de áreas não urbanizadas, cobertas ou não por vegetação, e 9% (13.989 ha) de áreas classificadas como de ocupação esparsa. As superfícies dos corpos d'água respondem pelos demais 3% (4.604 ha).

Os resultados encontrados detectaram a redução de 5% das áreas não urbanizadas, que tiveram significativas alterações de uso e ocupação do solo, transformando-se em áreas de ocupação esparsa ou incorporadas às áreas urbanizadas. No mesmo período também ocorreu expansão das áreas de ocupação esparsa, de 5% para 9% (aumento de 6.559 ha), localizando-se predominantemente (95%) nas áreas da MPRA (gráfico 1 e mapa 1).

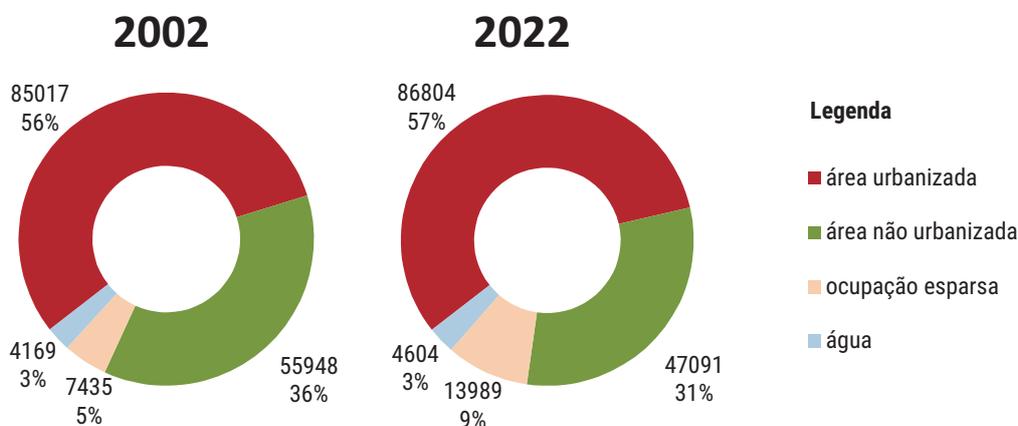
Devido à heterogeneidade das formas de ocupação e de usos do solo existentes nas áreas classificadas como de ocupação esparsa (LCZ₉), entende-se que uma análise mais detalhada pode contribuir para maior compreensão das dinâmicas de ocupação que vêm se processando nas últimas décadas em São Paulo, e que será apresentada a seguir.

Gráfico 1

Variação da ocupação - classificação LCZ generalizada (% e ha)

Município de São Paulo

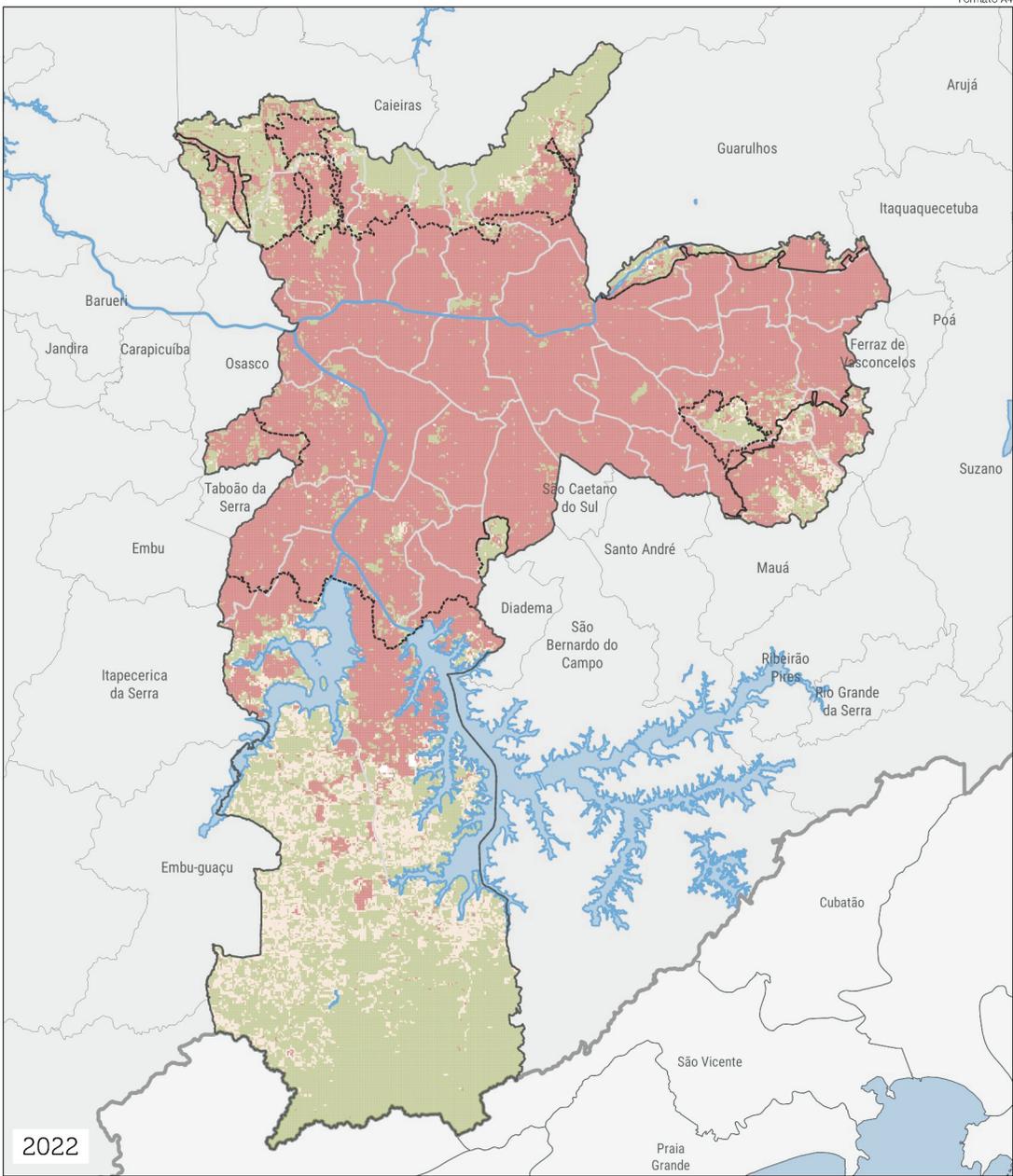
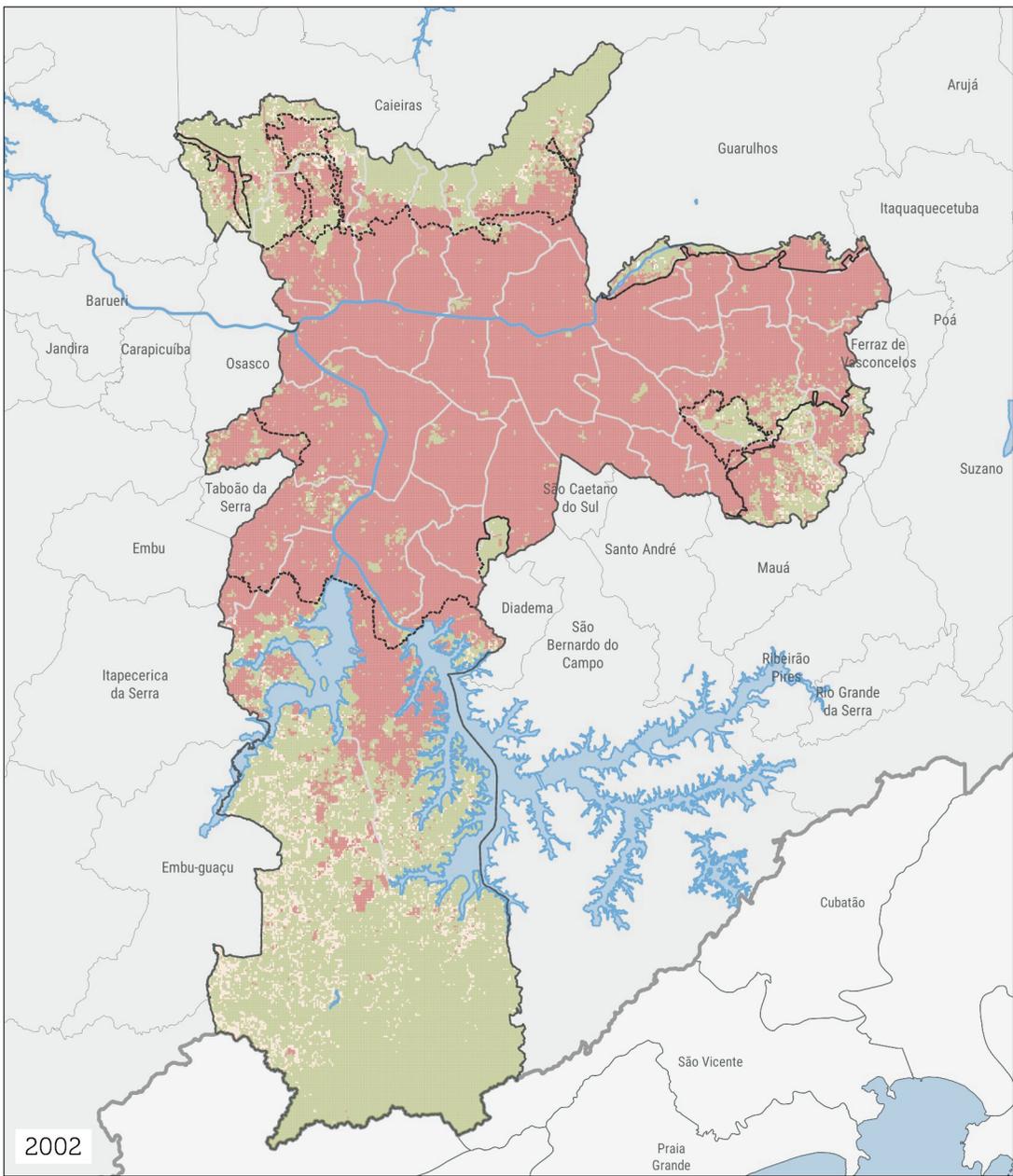
2002 e 2022



Fontes: Ferreira 2019 (adaptado) e Geoinfo.
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

4. Ocupação esparsa (LCZ₉) na MPRA

Conforme mencionado no item anterior, ao processar e analisar os resultados obtidos pela classificação LCZ, observou-se que a maioria das ocorrências de ocupação esparsa está localizada no que o PDE (2014) classificou como Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (MPRA). Este ordenamento territorial tem origem na necessidade de estruturar no território os princípios, diretrizes e objetivos do plano, em especial àqueles que versam sobre a função social da cidade, das propriedades urbana e rural e o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Sendo assim, o PDE (2014) define duas Macrozonas:



INFORMESurbanos
maio/2023

Mapa 1. Evolução da ocupação do território entre os anos 2002 e 2022

Município de São Paulo

Fontes: Lei 16.050/2014; Ferreira (2019); Geoinfo (2023)
Mapa-base: Geosampa (2023)
Elaboração: SMUL/Geoinfo

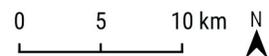
Classificação generalizada

- Área Urbanizada
- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada



Macrozonas

- MEQU
- MPRA



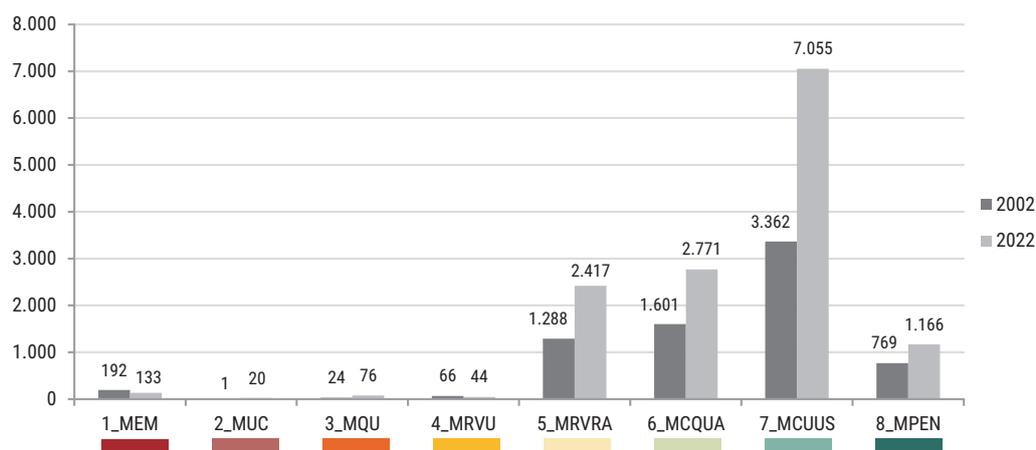
uma de Estruturação e Qualificação Urbana (MEQU); e a outra de Proteção e Recuperação Ambiental (MPRA), sendo este o território em que o presente estudo se aprofunda. Cada macrozona, por sua vez, é dividida em quatro macroáreas com características relativamente homogêneas. Por fim, a Lei de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo (LPUOS, 2016) vem detalhar o zoneamento na escala dos lotes e suas implicações práticas de regramento.

Pelos princípios do ordenamento em vigor, é esperado que os contornos da MEQU sejam compatíveis com as classes LCZ de tipologia construtiva, tendo em vista que tanto o PDE (2014), quanto a LPUOS (2016) objetivam além de direcionar o crescimento da cidade, também reconhecer a realidade vigente no momento das suas promulgações. O macrozoneamento reconhece a realidade da pressão da ocupação urbana sobre as áreas ambientais, demarcando todos os núcleos existentes identificados à época nessa região como Macroárea de Redução da Vulnerabilidade e Recuperação Ambiental (MRVRA) e zona urbana, e separando o restante da MPRA nas demais macroáreas ambientais de acordo com seus atributos ecossistêmicos e níveis de preservação ou proteção desejáveis: Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável (MCUUS), Macroárea de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental (MCQUA) e Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais (MPEN). Como podemos observar, os próprios nomes dados a cada uma das macroáreas revelam quais são seus principais objetivos e, a partir da análise aqui apresentada, expõem as muitas situações de conflito existentes. Com isso em vista, é possível prever que as áreas de concentração de ocupações esparsas se darão especialmente nos territórios em que essa pressão se faz mais presente. Portanto, a quantificação e localização dos achados dessa natureza em cada macroárea se justificam como ponto de atenção na análise.

O gráfico 2 apresenta a distribuição da ocupação esparsa encontrada nos anos de comparação do estudo dividida por macroárea. O quadro 1 apresenta as respectivas definições do PDE, as suas extensões territoriais em hectares brutas e relativas à extensão do município, além de algumas palavras-chave que auxiliam na compreensão das características de cada território. Já a espacialização destes dados no município estão presentes no mapa 2 e nas figuras 3, 4, 5 e 6. Em seguida, são descritos brevemente os achados em cada macroárea que chamaram maior atenção.

Gráfico 2 Variação da ocupação esparsa - classificação LCZ, (ha)

Macroáreas do Município de São Paulo
2002 e 2022



Obs.: Os valores totais de LCZ computados na cidade em 2002 e em 2022 são, respectivamente, 7.433 ha e 13.989 ha. Entretanto, alguns pontos identificados pelo classificador LCZ que estão localizados nas áreas de fronteira entre as represas e os demais municípios limítrofes não foram computados no macrozoneamento, dada a resolução espacial de 100 m para cada pixel. Sendo assim, as análises demonstradas neste gráfico e ao longo do texto a seguir utilizam como referência um total de 7.303 ha de ocupação esparsa na cidade em 2002 e 13.682 ha em 2022.
Fontes: Lei nº 16.050/2014, Ferreira 2019 (adaptado) e Geoinfo.
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

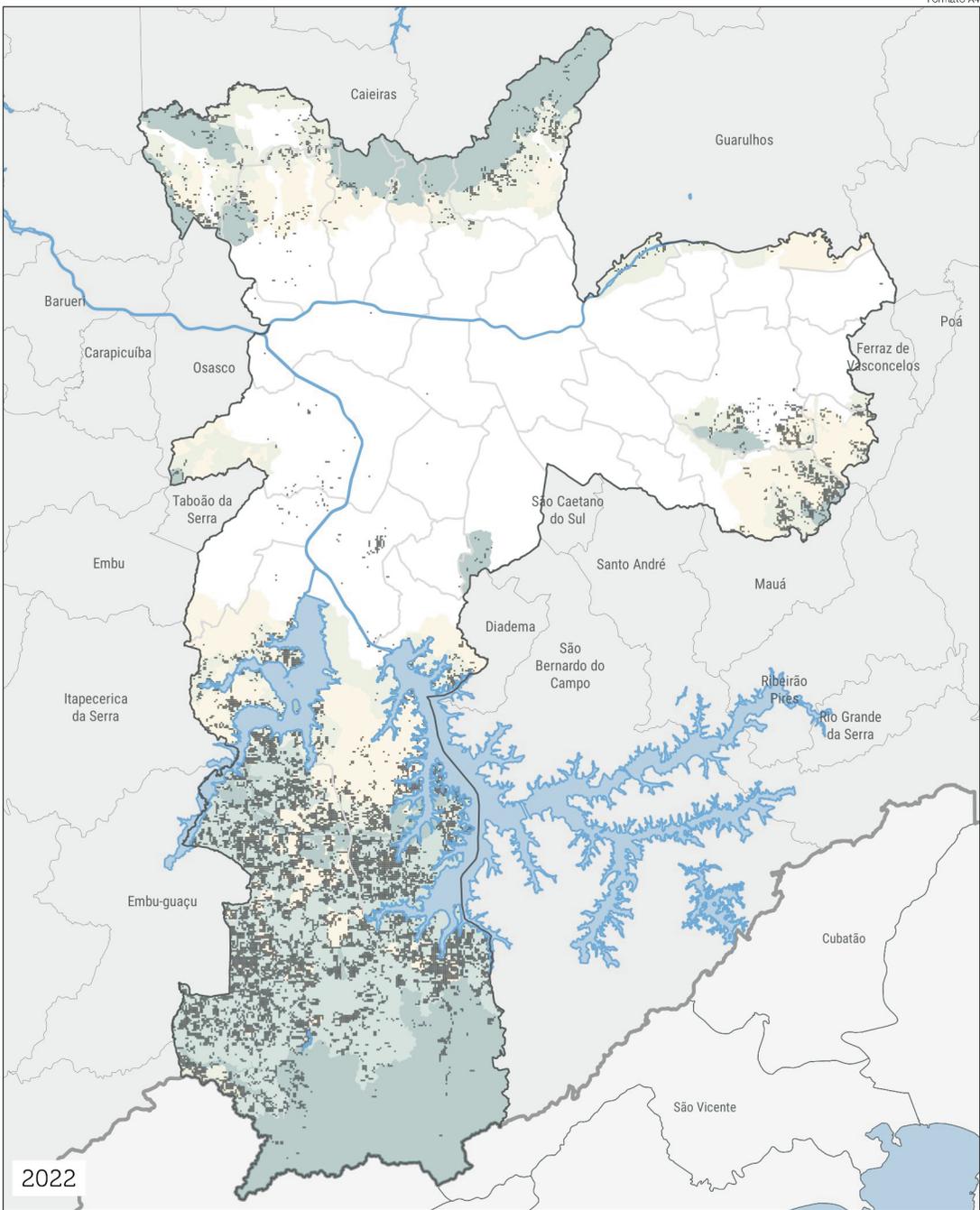
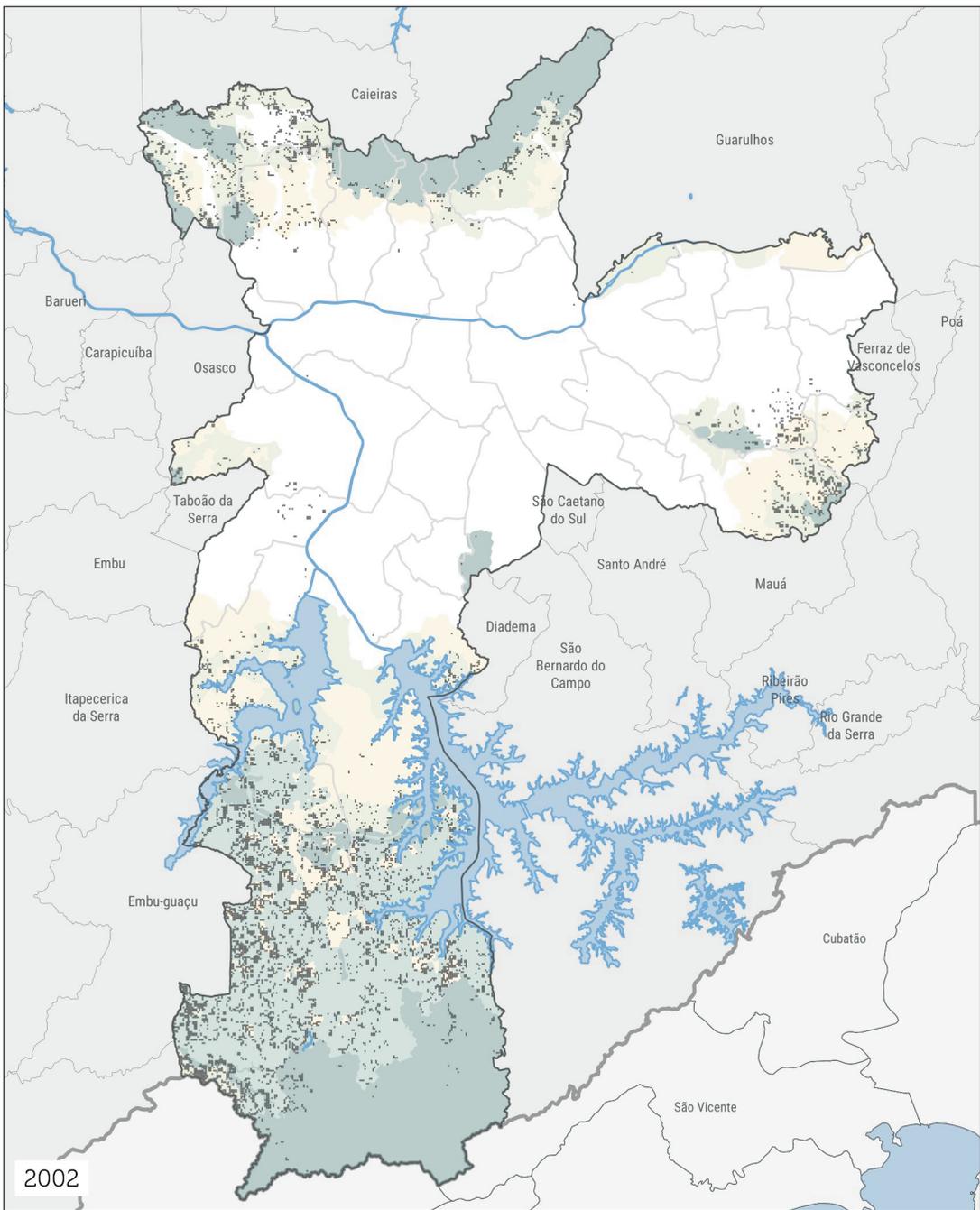
Quadro 1

Macroáreas

Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (MPRA)

Macrozona	Macroárea - definição	Área (ha) e % do município	Palavras-chave
Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental Território ambientalmente frágil devido às suas características geológicas e geotécnicas, à presença de mananciais de abastecimento hídrico e à significativa biodiversidade, demandando cuidados especiais para sua conservação. (art.16)	MRVRA - Macroárea de Redução da Vulnerabilidade e Recuperação Ambiental Localiza-se no extremo da área urbanizada do território municipal, e se caracteriza pela predominância de elevados índices de vulnerabilidade socioambiental, baixos índices de desenvolvimento humano e assentamentos precários e irregulares, como favelas, loteamentos irregulares, conjuntos habitacionais populares, que apresentam diversos tipos de precariedades territoriais e sanitárias, irregularidades fundiárias e déficits na oferta de serviços, equipamentos e infraestruturas urbanas, ocupada predominantemente por moradias da população de baixa renda que, em alguns casos, vive em áreas de riscos geológicos e de inundação. (art.18)	17.765 ha (12,0%)	Vulnerabilidade socioambiental; precariedade habitacional, urbana e ambiental; risco geológico e de inundação; déficit de serviços e de equipamentos.
	MCQUA – Macroárea de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental Caracterizada pela existência de vazios intraurbanos com ou sem cobertura vegetal e áreas urbanizadas com distintos padrões de ocupação, predominantemente horizontais, ocorrendo ainda, reflorestamento, áreas de exploração mineral, e algumas áreas com concentração de atividades industriais, sendo este um território propício para a qualificação urbanística e ambiental e para provisão de habitação, equipamentos e serviços, respeitadas as condicionantes ambientais. (art.19)	16.153 ha (11,0%)	Áreas urbanizadas mescladas com vazios urbanos; ocupação predominantemente horizontal; exploração mineral; atividade industrial; proteção ambiental.
	MCUUS – Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável Localizada ao sul do território municipal é caracterizada pela existência de fragmentos significativos de vegetação nativa, entremeados por atividades agrícolas, sítios e chácaras de recreio que protegem e/ou impactam, em graus distintos, a qualidade dos recursos hídricos e da biodiversidade, com características geológico-geotécnicas e de relevo que demandam critérios específicos para ocupação, abrigando também áreas de exploração mineral, ativas e desativadas. (art.20)	20.877 ha (14,2%)	Proteção de mananciais; atividade rural; conservação ambiental.
	MPEN – Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais É caracterizada pela existência de sistemas ambientais cujos elementos e processo ainda conservam suas características naturais. (art.21)	22.386 ha (15,2%)	Proteção integral do ambiente; ecoturismo; educação ambiental.

Fonte: Lei nº 16.050/2014.
Elaboração: SMUL/Geoinfo.



Mapa 2. Ocupação esparsa comparada nos anos de 2002 e 2022 nas macroáreas da Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental

Município de São Paulo

Fontes: Lei 16.050/2014; Ferreira (2019); Geoinfo (2023)
 Mapa-base: Geosampa (2023)
 Elaboração: SMUL/Geoinfo

Macroáreas

MRVRA	MCUUS	Subprefeituras
MCQUA	MPEN	Ocupação esparsa

0 5 10 km N

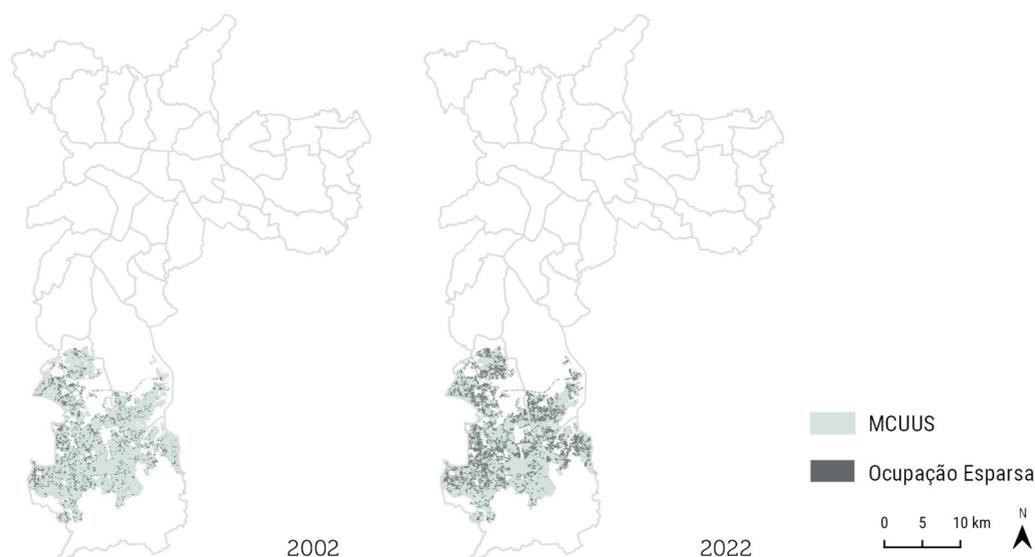
Os dados mostram que, desde 2002, a macroárea que contém o maior aumento de ocupação esparsa é a MCUUS, estando restrita às Subprefeituras Parelheiros e Capela do Socorro. Nela, foi observado incremento de aproximadamente 3,7mil ha de LCZ₉ em 2022 – um aumento de 110% em extensão territorial. Este fenômeno deve ser mais bem investigado para entender as dinâmicas atuantes nesta região, inserida nas áreas de mananciais, APRM Guarapiranga e Billings, e nas Áreas de Proteção Ambiental Capivari-Monos e Bororé-Colônia (figura 3).

Figura 3

Ocupação esparsa (LCZ₉)

Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável (MCUUS)

2002 - 2022



Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e GeoSampa (2022).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

A segunda macroárea com maior incidência de áreas de ocupação esparsa é a MCQUA, que diferente da MCUUS não se concentra apenas na Zona Sul. Como mostram o gráfico 2 e a figura 4, para o período houve um aumento de 73%, ou seja, 1.170 ha a mais, distribuídos em todas as regiões.

Os Distritos Jardim Ângela e Jardim São Luiz (Subprefeitura M'Boi Mirim) e Parelheiros, na subprefeitura homônima, foram os que apresentaram o maior incremento. Também há ocorrência expressiva desde 2002, nas áreas localizadas na porção noroeste da cidade, nas Subprefeituras Perus e Pirituba, sugerindo a influência da implantação do Rodoanel-Trecho Oeste, inaugurado no final do mesmo ano.

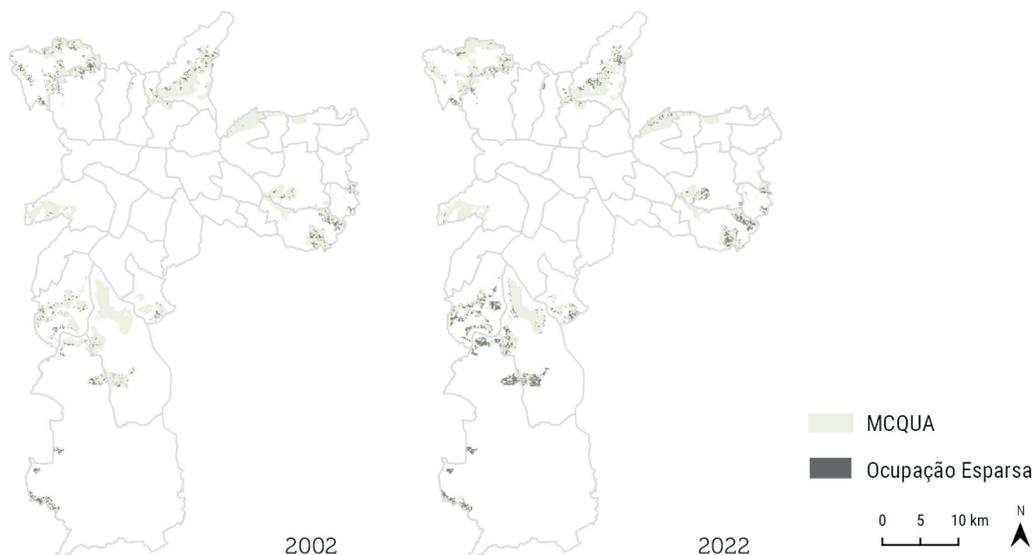
Na Subprefeitura Jaçanã-Tremembé, as áreas de LCZ₉ se concentram ao longo da Avenida Sezefredo Fagundes e da Rodovia Fernão Dias, conhecido eixo de expansão urbana desde as décadas de 1980 e 1990, quanto ocorreu uma explosão de loteamentos irregulares nesta região da cidade (HERLING, 2002; AMARAL, 2005).

Em 2022, há uma expansão de novas ocupações, que também podem estar associadas às obras de implantação do Rodoanel Trecho Norte, ainda não finalizado. Na Zona Leste chama a atenção o aumento de áreas na região da Área de Proteção Ambiental (APA) do Carmo, na Subprefeitura Itaquera e em São Mateus, expandindo em direção à Cidade Tiradentes e, na região da Penha, próximo ao Parque Ecológico do Tietê.

Figura 4

Ocupação esparsa (LCZ₉)

Macroárea de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental (MCQUA)
2002 - 2022



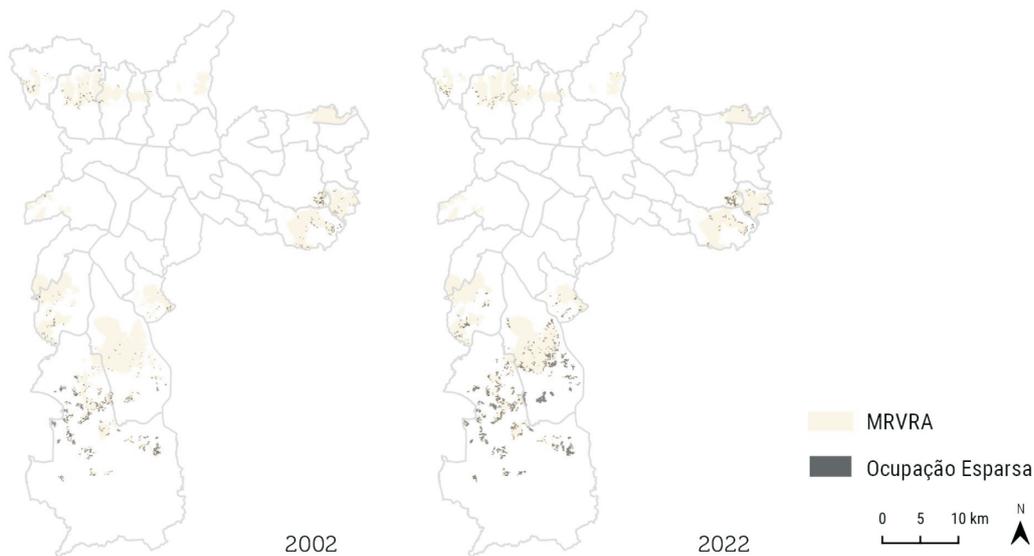
Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e GeoSampa (2022).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Já a MRVRA é a mais urbanizada da MPRA e apresenta grande precariedade urbana e maior número de áreas de risco geológico. Nela, as áreas de ocupação esparsa tiveram um incremento de 88 %, ou 1.100 ha no período em análise (ver figura 5). Esse incremento se concentra na Zona Sul, com destaque para as Subprefeituras Parelheiros e Capela do Socorro, e secundariamente na Subprefeitura M'Boi Mirim. Também observa-se ampliação de ocupação esparsa na Zona Leste, nos limites das subprefeituras de Itaquera, São Mateus e Cidade Tiradentes, indicando a existência de expansão das áreas urbanizadas. Nas demais regiões da cidade sua quantificação é inexpressiva.

Figura 5

Ocupação esparsa (LCZ₉)

Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana e Requalificação Ambiental (MRVRA)
2002 - 2022



Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e GeoSampa (2022).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Pelas características da MPEN, que englobam as áreas com maior restrição legal à ocupação urbana e onde se encontram inseridas todas as Unidades de Conservação de Proteção Integral (UCPI) da cidade, esta macroárea apresenta um número pequeno de áreas classificadas como de ocupação esparsa. No período analisado o incremento foi menor quando comparado com os observados nas demais macroáreas da MPRA (397 ha), mas ainda assim, expressivo percentualmente (52%). Grande parte destas áreas está associada às edificações e/ou estruturas e áreas de apoio existentes no interior das UCPI.

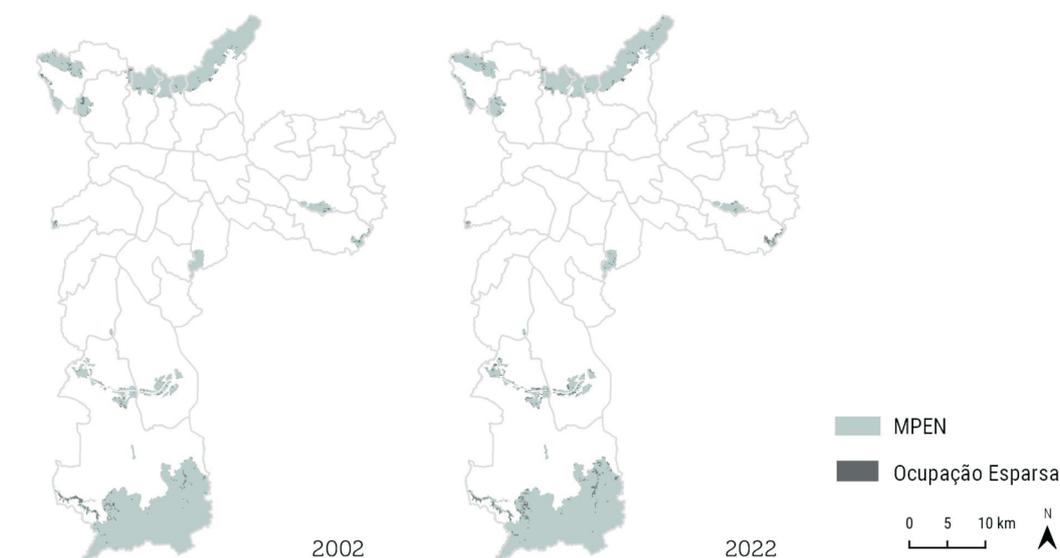
Algumas exceções são identificadas na região sul, no Distrito Marsilac (Subprefeitura Parelheiros) fora dos limites do Parque Estadual da Serra do Mar, tratando-se de ocupação com características mais rurais, do tipo sítios e chácaras de recreio, onde se observou a construção de novas edificações, agregadas às já existentes em 2002, sem, no entanto, indicar um processo de expansão da urbanização. Os resultados também parecem captar, na zona rural como um todo, alterações nas áreas de plantio agrícola¹².

Figura 6

Ocupação esparsa (LCZ₉)

Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais (MPEN)

2002 - 2022



Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e GeoSampa (2022).
Elaboração: SMUL/GeoInfo.

¹² Observou-se em alguns casos que áreas de plantio com alterações devidas à sazonalidade das plantações acabaram sendo classificadas como LCZ 9. Essas áreas, no entanto não foram consideradas na presente análise como alteração do uso do solo.

5. Tipos de ocupação esparsa (LCZ₉) e processos de transformação associados

Um olhar mais detido sobre as áreas classificadas como LCZ₉ trouxe à tona diferentes formas de ocupação esparsa dispersas pelo município que foram subdivididas em:

- Ocupação em estágio inicial de urbanização e **contígua** à área urbanizada consolidada;
- Ocupação em estágio inicial de urbanização e **isolada** da área urbanizada consolidada;
- Ocupação de características rurais, tais como sítios e chácaras de recreio ou de produção agrícola.

As duas primeiras subcategorias apresentam características morfológicas típicas de aglomerados urbanos, tais como subdivisão em lotes e arruamento, sejam precários ou não. A ocupação aparenta um estágio inicial de urbanização e sua localização, ora se relaciona diretamente com outros loteamentos urbanos consolidados de forma contígua à área urbanizada existente em 2002, e ora se apresenta como aglomerado isolado desta.

A partir de consulta ao cadastro de parcelamento¹³, verificou-se que parte dessas ocupações aconteceu em áreas com loteamentos aprovados, em arruamentos regularizados ou em processo de aprovação, ainda parcialmente ocupados em 2002. O que se verifica nesses 20 anos, portanto, são processos de expansão dessas áreas associados a aglomerados pré-existentes que se adensam e se espalham, indicando uma tendência de consolidação da urbanização.

A terceira subcategoria, por sua vez, mantém características rurais com aumento de edificações em sítios e chácaras de recreio ou de construções de uso não residencial relacionadas ao meio rural, associadas ou não a áreas de produção agrícola.

Com o objetivo de explicitar tais manifestações, diversas aglutinadas em uma mesma categoria, foram colhidos 11 exemplos a fim de propiciar detalhamento suficiente para a apreensão do fenômeno e distinção entre estes. Serão apresentados, além da descrição textual, os seguintes elementos gráficos: a) ortofotos de 2002 e 2022 sobrepostas pela camada resultante da classificação LCZ; b) ilustração com a localização da área analisada e as macroáreas e c) ilustração com a localização da área analisada no Município de São Paulo.

Vale ressaltar que as ocorrências explicitadas a seguir, a título de exemplo, não significam que os fenômenos encontrados em determinada região da cidade ou macroárea representem as únicas possíveis nesses locais, ou ainda, que sejam a tipologia predominante desta região. Tampouco que não é possível encontrar sua ocorrência em outras partes da cidade. O intuito deste detalhamento foi meramente ilustrar como a categoria de ocupação esparsa abarca diversas dinâmicas e configurações.

¹³ Disponível no GeoSampa. (https://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/PaginasPublicas/_SBC.aspx)

Figura 7

Ocupação em estágio inicial de urbanização e contígua à área urbanizada consolidada

Macroárea: MRVRA, Distrito Jardim Ângela

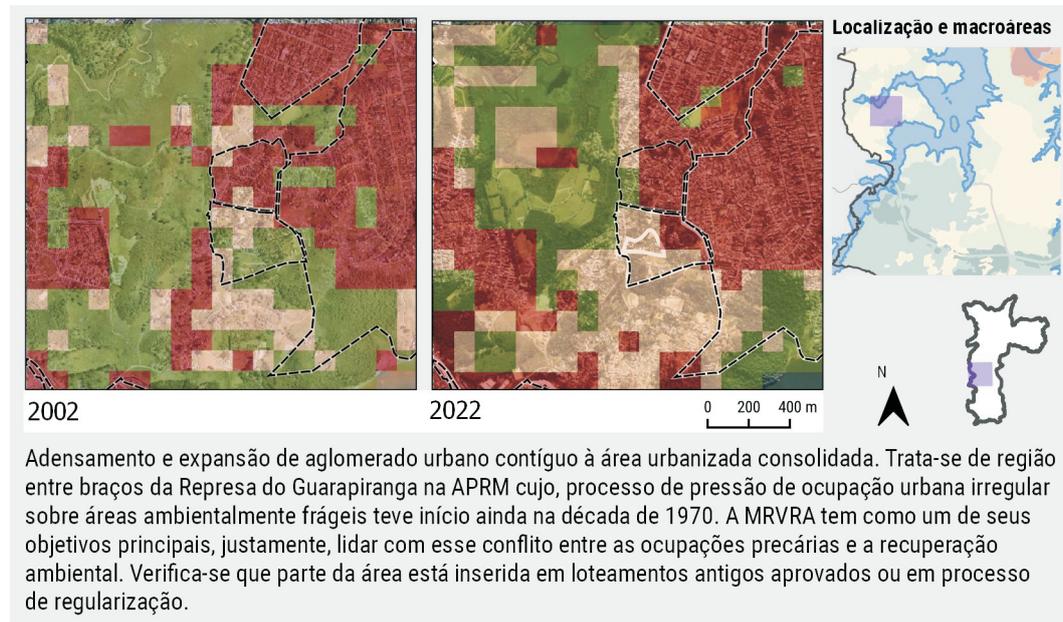
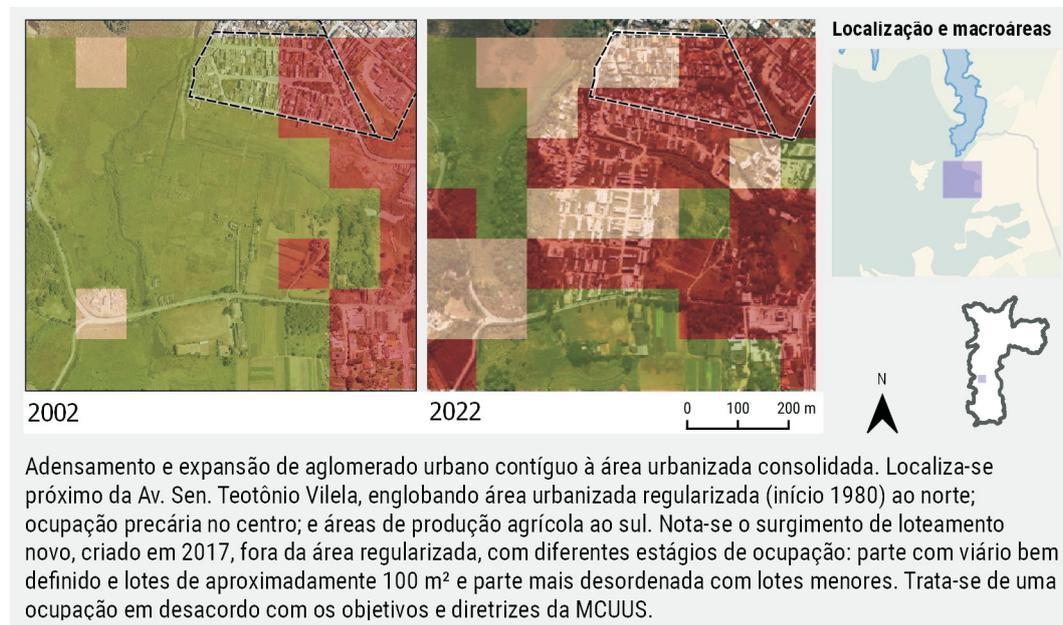


Figura 8

Ocupação em estágio inicial de urbanização e contígua à área urbanizada consolidada

Macroárea: MCUUS próxima à MRVRA, Distrito Parelheiros



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada
- Área urbanizada
- Loteamento aprovado ou regularizado

Localização e Macroáreas

- MEM
- MCQUA
- MCUUS
- MPEN
- MRVRA
- Represas
- Localização

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Figura 9

Ocupação em estágio inicial de urbanização e isolada da área urbanizada consolidada

Macroárea: MRVRA e MCUUS, limite entre os Distritos Parelheiros e Grajaú

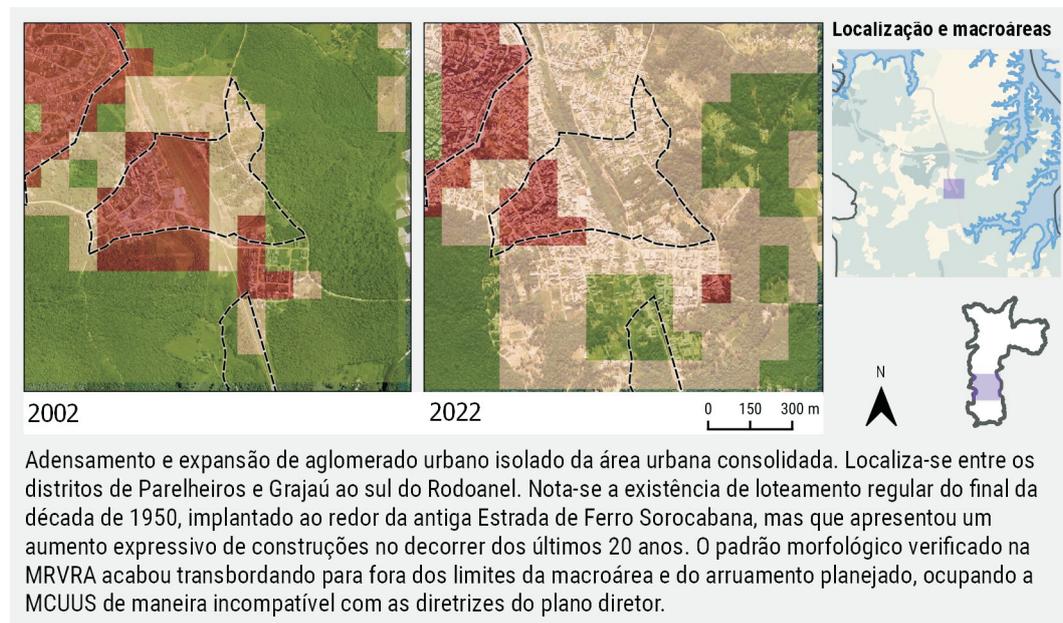
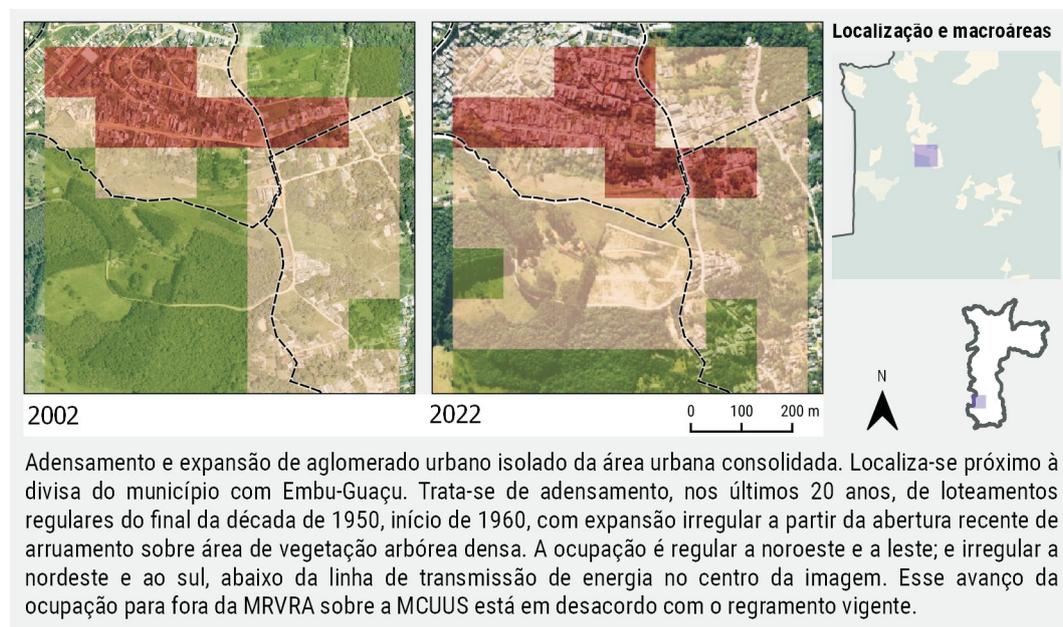


Figura 10

Ocupação em estágio inicial de urbanização e isolada da área urbanizada consolidada

Macroárea: MCUUS lindeira à MRVRA, limite entre os Distritos Parelheiros e Marsilac



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada
- Área Urbanizada
- Loteamento aprovado ou regularizado

Localização e Macroáreas

- MRVRA
- MCQUA
- MCUUS
- MPEN
- Represas
- Localização

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Figura 11

Ocupação em estágio inicial de urbanização e isolada da área urbanizada consolidada

Macroárea: MCQUA, Distrito São Rafael (Subprefeitura São Mateus)

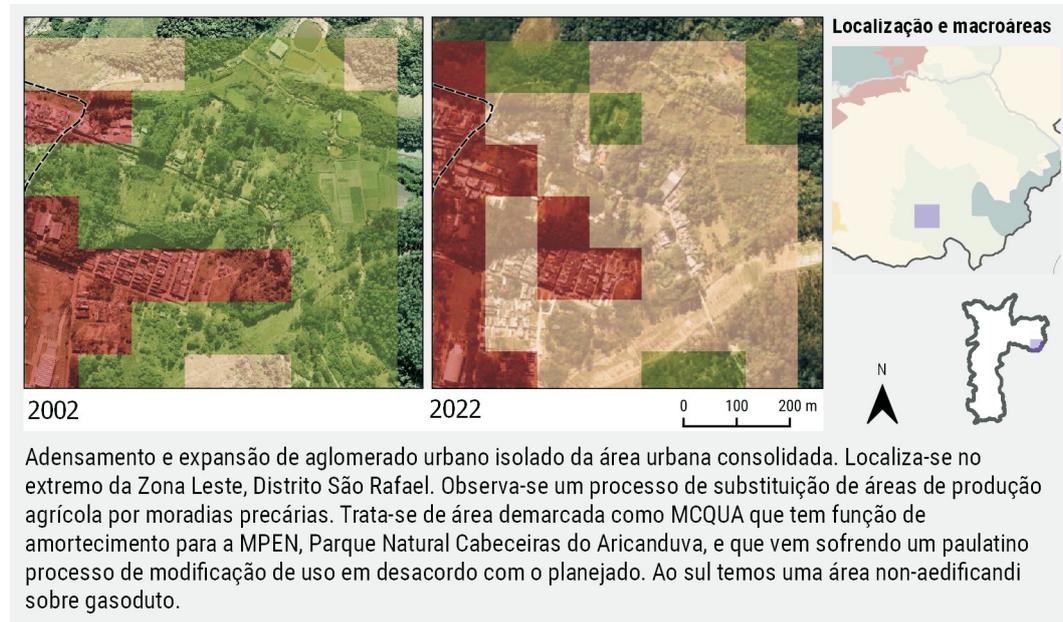
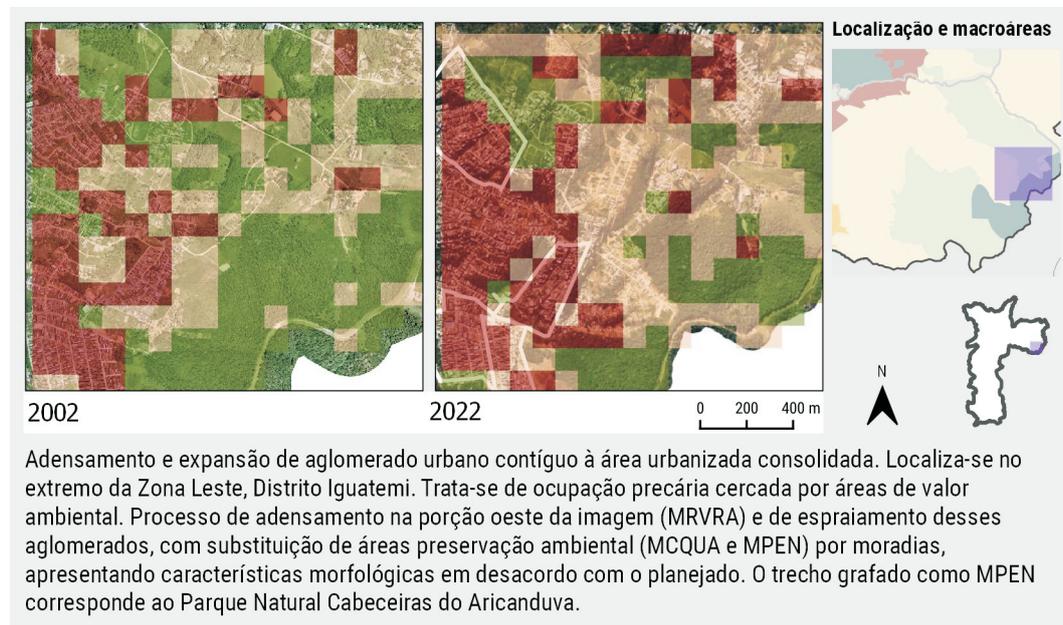


Figura 12

Adensamento e expansão de aglomerado urbano contíguo

Macroárea: MRVRA, MCQUA, MPEN, Distrito Iguatemi (Subprefeitura São Mateus)



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada
- Área urbanizada
- Loteamento aprovado ou regularizado

Localização e Macroáreas

- MEM
- MRVU
- MRVRA
- MCQUA
- MPEN
- Localização

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Figura 13

Adensamento e expansão de aglomerado urbano isolado

Macroárea: MCQUA, Distrito Tremembé (Subprefeitura Jaçanã/Tremembé)

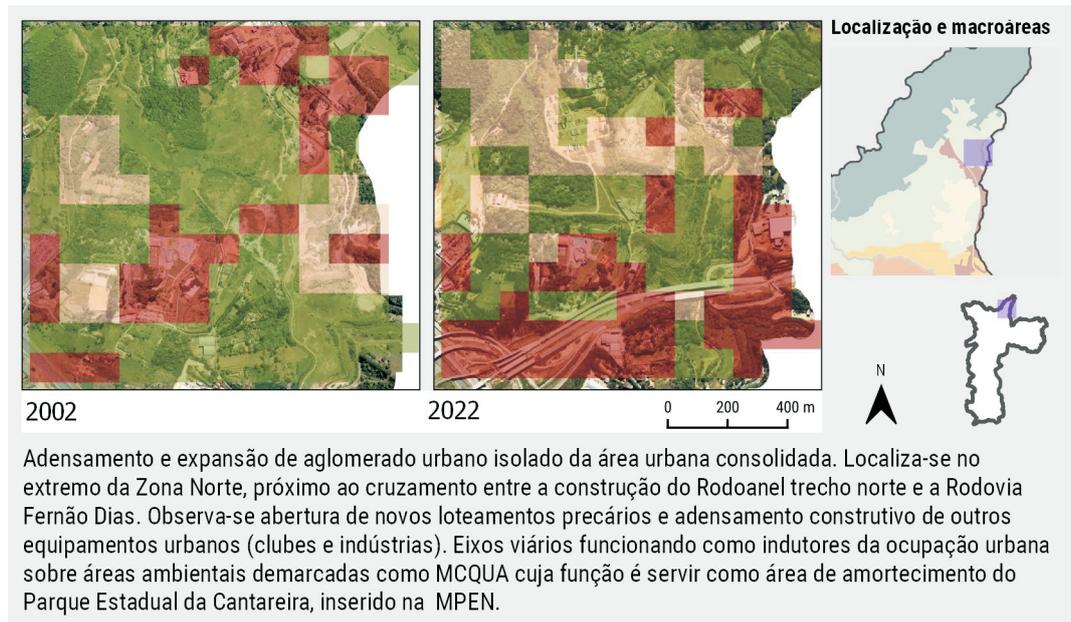
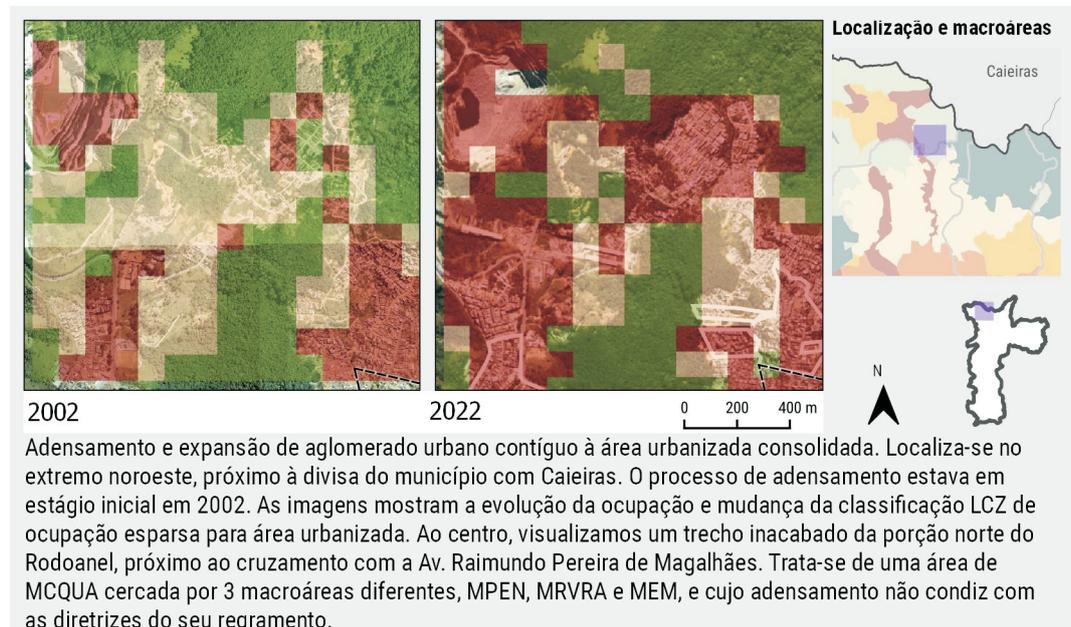


Figura 14

Adensamento e expansão de aglomerado urbano contíguo

Macroárea: MCQUA, Distrito Perus (Subprefeitura Perus)



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada
- Área urbanizada

Localização e Macroáreas

- MEM
- MRVRA
- Localização
- MCQUA
- MPEN
- MRVU
- MCQUA

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Figura 15

Ocupação de características rurais

Macroárea: MCCUS e MRVRA, Distrito Parelheiros (Subprefeitura Parelheiros)

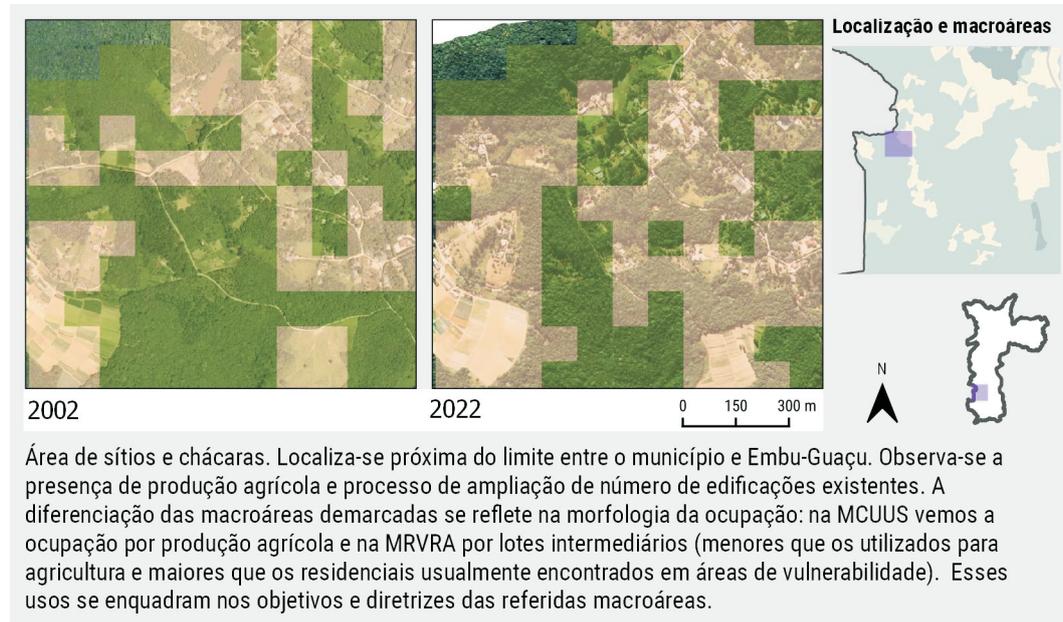
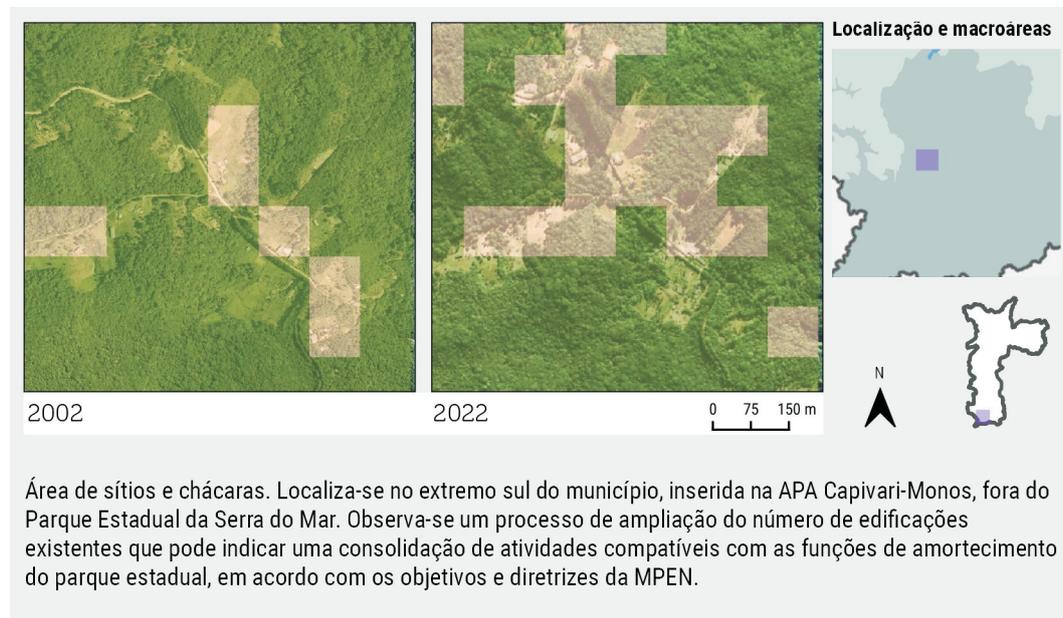


Figura 16

Ocupação de características rurais

Macroárea: MPEN, Distrito Marsilac (Subprefeitura Parelheiros)



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada
- Área urbanizada

Localização e Macroáreas

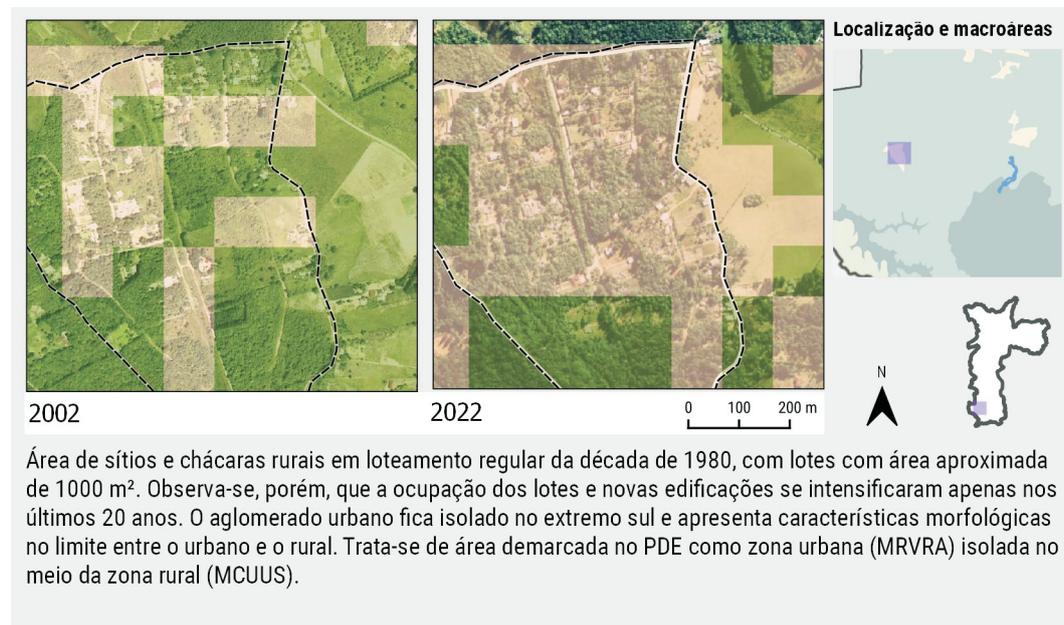
- MRVRA
- MCQUA
- MCUUS
- MPEN
- Localização

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

Figura 17

Ocupação de características rurais

Macroárea: MRVRA cercada por MCUUS, Distrito Marsilac



Legenda:

Classificação LCZ Generalizada

- Ocupação esparsa
- Área não urbanizada

Localização e Macroáreas

- MRVRA
- MCQUA
- MCUUS
- MPEN
- Localização

Fontes: Ferreira, 2019 (adaptado) e Geoinfo, 2022.
Mapa-base: Ortofotos (2004 e 2020).
Elaboração: SMUL/Geoinfo.

6. Considerações finais

Este estudo permite aferir e qualificar alguns processos de transformação do território paulistano que ocorreram nos últimos 20 anos. Para tanto, foi empregado o processamento digital de imagens LANDSAT, adotando-se a classificação *Local Climate Zones* (LCZ) proposta por Stewart e Oke (2012). A partir desse processamento as diferentes formas de uso e ocupação do solo da cidade foram classificadas em 13 classes e, posteriormente, agregadas em três grandes grupos: áreas urbanizadas, áreas não urbanizadas e áreas de ocupação esparsa. Apesar das áreas de ocupação esparsa apresentarem certa heterogeneidade morfológica, característica que traz algumas limitações para o uso da classificação LCZ, como apontado no item 2.1, especial atenção foi dada a este grupo por ter captado dinâmicas específicas no município.

Verifica-se, nesse período de tempo, dois fenômenos principais: uma expansão das áreas urbanizadas contígua à mancha urbana já existente, e uma expansão de áreas de ocupação esparsa no território.

No primeiro caso, o incremento é restrito, com o acréscimo de 1% em 20 anos, ou seja, cerca de 1.800 ha de novas áreas urbanizadas, que equivalem a aproximadamente 90 ha a. a. Embora inferior ao crescimento verificado em décadas anteriores, destaca-se que esse avanço continua a ocorrer sobre áreas de relevância ambiental.

No segundo caso, que ocorre de forma simultânea ao primeiro, nota-se um processo mais expressivo, justificando ser o foco da análise deste Informe. Trata-se das áreas de ocupação esparsa, classificadas pela metodologia adotada como LCZ. Entre essas, identificou-se três possibilidades de agregação de acordo com algumas características morfológicas: (i) Ocupação em estágio inicial de urbanização e contígua à área urbanizada consolidada; (ii) Ocupação em estágio inicial de urbanização e isolada da área urbanizada consolidada; e (iii) Ocupação de características rurais, tais como sítios e chácaras de recreio ou de produção agrícola.

Os dois primeiros grupos são bastante similares, apresentando características morfológicas típicas de aglomerado urbano, tais como arruamento e subdivisão em lotes, seja com características mais precárias ou não. Sua diferenciação está na proximidade em relação à área urbanizada consolidada do município, podendo ser contígua ou isolada.

O terceiro grupo agrega as transformações típicas do meio rural, devidas à fragmentação das propriedades e às novas construções ligadas ao funcionamento destas áreas como locais de produção agrícola, de turismo, etc. Nesses casos foram encontrados diversos exemplos de aumento do número de edificações que não chegam, no entanto, a definir a formação de um novo aglomerado urbano.

Observa-se, no total das ocupações esparsas, um crescimento de 4% no período em estudo, com ampliação de 6.500 ha, ou aproximadamente 325 ha a.a. A maior parte desse crescimento não se deu na macroárea próxima à área urbana consolidada (MRVRA), mas em locais mais afastados, nas Subprefeituras Parelheiros e Capela do Socorro, localizadas na MCUUS.

Nesta macroárea, em específico, identificou-se um aumento de 110% entre 2002 e 2022, seja por adensamento de núcleos existentes, seja por uma ampliação da área desses núcleos, seja ainda pelo registro de algumas novas ocupações.

Nota-se, portanto, que nos últimos 20 anos, mais do que o espraiamento da cidade houve adensamento construtivo em loteamentos aprovados, arruamentos regularizados ou em processo de regularização que estavam parcialmente ocupados em 2002 – muitos dos quais existentes desde meados dos anos de 1950, 1960 e 1970 – localizados na Zona Sul do município, e reconhecidos pelo PDE como zona urbana (MRVRA). A identificação dessa situação permite diversas leituras.

Pondera-se que o adensamento de áreas já loteadas para fins urbanos é preferível a se ocupar uma nova área, o que resultaria de consequência, na extensão da cidade sobre áreas não urbanas. No

entanto, argumenta-se que em muitos casos, o adensamento construtivo e em especial no caso destes que ocorrem na macrozona ambiental (como também a abertura de novos aglomerados esparsos) indica um processo de aumento da população moradora, que demandará mais serviços e infraestrutura compatíveis com as especificidades dessas áreas, o que certamente poderá ampliar a pressão sobre esse ecossistema. Nesse sentido, é importante colocar foco na existência dos loteamentos antigos citados, que vêm sofrendo um claro processo de transformação no período analisado. Tais áreas, serviram como indutoras da expansão da ocupação sobre áreas vizinhas na zona rural, demarcadas como MCUUS e MCQUA.

Nesse sentido, deve-se considerar a dimensão desses fenômenos. Tanto o crescimento da área urbanizada quanto dos núcleos esparsos aconteceu em ritmo bem inferior ao que foi verificado até 2002. Para fins de comparação, visto que as ocupações esparsas se localizam quase que exclusivamente na Macrozona de Preservação Ambiental (MPRA) e que parte significativa desta é composta pela Área de Proteção e Recuperação dos Mananciais (APRM), podemos relacionar esse crescimento aos dados da Emplasa. Nota-se que no último período, de 1998 a 2002, a APRM teve crescimento de 643,5 ha a. a., o dobro do que ocorreu no período aqui analisado. Há várias explicações possíveis relacionadas à dinâmica metropolitana, mas uma delas, identificada em outros estudos de SMUL/Geoinfo em distintas áreas da cidade, como ZEIS e Eixos da Estruturação e Transformação Urbana, por exemplo, é que a cidade cresceu para dentro de sua malha urbana, adensando-se e possivelmente absorvendo parte da necessidade de novas moradias.

O processo de ocupação ora descrito mostra que São Paulo reduziu o ritmo de avanço da urbanização sobre áreas de importância ambiental para o município e sua região metropolitana. Porém a transformação é difusa e afeta toda a macrozona ambiental incluindo as áreas com características rurais. Tais evidências sugerem a necessidade de monitoramento constante e aprimoramento de mecanismos que sejam mais efetivos para reter, ou ao menos, minimizar este fenômeno e seus impactos.

7. Referências

- AMARAL, M. L. Loteamentos irregulares na região da serra da Cantareira: solução habitacional ou degradação ambiental? Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina, 2005, p. 697-714.
- BECHTEL, B.; ALEXANDER, P. J.; BÖHNER, J.; CHING, J.; CONRAD, O.; FEDDEMA, J.; STEWART, I. Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. ISPRS Int. J. Geo-Inf., 2015, p. 199-219. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276337916_Mapping_Local_Climate_Zones_for_a_Worldwide_Database_of_the_Form_and_Function_of_Cities. Acesso em: 10 jan. 2023.
- BROUSSE, O.; GEORGANOS, S.; DEMUZERE, M.; VANHUYSE, S.; WOUTERS, H.; LIPZIG, N. P. M.; DUJARDIN, S. Using Local Climate Zones in Sub-Saharan Africa to tackle urban health issues. Urban Climate, 2019, p. 227-242. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095518303705?via%3Dihub>. Acesso em: 06 mar. 2023.
- CHING, J.; MILLS, G.; SEE, L.; FEDDEMA, J.; WANG, X.; REN, C.; et al. WUDAPT: An Urban Weather, Climate, and Environmental Modeling Infrastructure for the Anthropocene. AMS. American Meteorological Society, 2018, p. 1907-1924. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/99/9/bams-d-16-0236.1.xml>. Acesso em: 29 mar. 2023.
- DEMUZERE, M.; HANKEY, S.; MILLS, G.; ZHANG, W.; LU, T.; BECHTEL, B. Combining expert and crowd-sourced training data to map urban form and functions for the continental US. Scientific Data, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343577448_Combining_expert_and_crowd-sourced_training_data_to_map_urban_form_and_functions_for_the_continental_US#read. Acesso em: 09 mar. 2023.
- DEMUZERE, M.; KITTLNER, J.; MARTILLI, A.; MILLS, G.; MOEDE, C.; STEWART, I.; BECHTEL, B. A global map of local climate zones to support earth system modelling and urban-scale environmental science. Earth System Science Data, 2022, p. 3835-3873. Disponível em: <https://essd.copernicus.org/articles/14/3835/2022/essd-14-3835-2022.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.
- DEMUZERE, M.; MIHARA, T.; REDIVO, C. P.; FEDDEMA, J.; SETTON, E. Multi-temporal LCZ maps for Canadian functional urban areas. OSF Preprints. dec. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/essd-14-3835-2022>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- DINIZ, C. C.; CAMPOLINA, B. A região metropolitana de São Paulo: reestruturação, re-espacialização e novas funções. Santiago: Eure, 2007.
- FERREIRA, H. V.; UGEDA Jr., J. Variação da temperatura da superfície através de imagens Aster em zonas climáticas locais da cidade de Cuiabá, Brasil. Revista Brasileira de Climatologia, 2020, p. 393-410.
- FERREIRA, L. S. Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana: um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-02102019-173844/pt-br.php>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- FRÚGOLI Jr., H. Centralidade em São Paulo Trajetórias, Conflitos e Negociações na Metrópole. São Paulo: EDUSP, 2001.
- HERLING, T. A floresta em São Paulo, a cidade na Cantareira: fronteiras em transformação. São Paulo: Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2002.
- IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2005. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areasurbanizadas.html?edicao=16668&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 14 set. 2022.
- IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. (Série relatórios metodológicos, v. 44). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15789-areas-urbanizadas.html?edicao=15952>. Acesso em: 14 set. 2022.
- IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Notas técnicas. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101973_notas_tecnicas.pdf. Acesso em: 14 set. 2022.
- IBGE. Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>. Acesso em: 17 set. 2022.

ROLNIK, R. São Paulo: o planejamento da desigualdade. São Paulo: Fósforo, 2022.

SÃO PAULO (Cidade). Sempla - Secretaria Municipal de Planejamento Urbano. Dipro - Departamento de Estatística e Produção da Informação. Município em Mapas: panorama, 2008. Disponível em: <http://smul.prefeitura.sp.gov.br/panorama/>. Acesso em: 14 abr. 2023.

SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Aprova a política de desenvolvimento urbano e o Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. São Paulo, SP. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014>. Acesso em: 01 fev. 2023.

SÃO PAULO (Cidade). Lei nº 16.402, de 22 de março de 2016. Disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo. São Paulo, SP. Disponível em: <http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16402-de-22-de-marco-de-2016>. Acesso em : 01 fev. 2023.

SÃO PAULO (Cidade). SMUL - Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Evolução da ocupação construtiva em ZEIS entre 2002 e 2017. Informes Urbanos nº 53, 2022. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/53_IU_ZEIS-1.pdf. Acesso em: 19 abr. 2023.

SÃO PAULO (Cidade). SMUL - Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Transformação do uso do solo nas zonas ambientais do PDE entre 2002 e 2017. Informes Urbanos nº 55, 2022. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/10/Informes-Urbanos-55.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SÃO PAULO (Estado). Emplasa - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. Expansão da Área Urbana da Região Metropolitana de São Paulo, 2003.

SEVERIAN, D. A orientação locacional da indústria paulista no território brasileiro entre 1995 e 2015: desconcentração concentrada e reforço do polígono industrial. Brasília: Ipea, 2020. (Texto para Discussão, nº 2594). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10267/2/td_2594_sumex.pdf. Acesso em: 14 abr. 2023.

STEWART, I.D.; OKE, T. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93, 2012, p. 1879-1900. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml?tab_body=pdf. Acesso em: 11 abr. 2023.

ZHAO, J.; CHEN, G.; YU, L.; REN, C.; XIE, J.; CHUNG, L.; GONG, P. Mapping urban morphology changes in the last two decades based on local climate zone scheme: A case study of three major urban agglomerations in China. Urban Climate, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095522003091>. Acesso em: 11 abr. 2023.

APÊNDICE

Metodologia do processamento

A análise ora realizada neste Informe Urbano se baseia na comparação de dois mapeamentos obtidos pelo processamento de imagens de satélite de 2002 e 2022, classificadas utilizando a metodologia LCZ.

Como esta classificação exige que as imagens a serem processadas possuam além das bandas multiespectrais, uma banda termal, utilizaram-se imagens LANDSAT em ambos os mapeamentos. Este sensor possui resolução geométrica de 30 m para as bandas multiespectrais e de 100 m para a banda termal. Após a fusão das bandas a imagem resultante para a classificação LCZ passou a ter resolução de 100 m, o que permite detectar objetos de tamanho igual ou superior a 1 hectare. Ainda que este procedimento reduza a escala final dos mapas, os resultados são satisfatórios para os objetivos deste trabalho, que tem como pressuposto uma análise do território paulistano em escala mais regional e não de detalhe.

O mapeamento de 2002 é resultante do processamento de imagens realizado por Ferreira (2019) para a RMSP, sendo feito o recorte para o município de São Paulo, a partir dos arquivos cedidos pela autora. Em se tratando do mesmo método descrito por Stewart e Oke (2012), a equipe de SMUL/Geoinfo replicou as operações realizadas no mapeamento de 2002 para um novo conjunto de imagens LANDSAT, captado em 2022 e que se encontra disponível de forma gratuita no site do *USGS Earth Explorer*. Para aperfeiçoar a classificação foi utilizado o protocolo proposto pelo *World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT)*, plataforma aberta que contém dados de LCZ de mais de uma centena de cidades em todo mundo, incluindo São Paulo (BECHTEL et al, 2015).

Esta plataforma foi criada por um grupo de pesquisadores europeus em 2015 com a proposta de ser universal, simples e objetiva o suficiente para permitir que os usuários, sem treinamento em sensoriamento remoto, conduzam e validem classificações LCZ para suas cidades. A única condição para sua utilização é que eles tenham conhecimento dos padrões de uso e ocupação do solo locais. Além disso, o processamento digital deve ser rápido, utilizando dados e softwares livres (CHING et al, 2018).

O protocolo da *WUDAPT* utiliza para o pré-processamento e para a classificação das imagens de satélite o Sistema de Análises Geocientíficas Automatizadas (SAGA), instalado no software QGIS. Como o SAGA executa uma classificação semiautomática supervisionada baseada em pixels, utilizando um algoritmo do tipo *Random Forest*, há a necessidade de que sejam identificados e coletados polígonos no *Google Earth*, para que funcionem como a melhor representação possível de cada uma das classes de LCZ. Esses polígonos são chamados de treinadores ou áreas de treinamento (AT), que são empregados para reconhecer informações espectrais similares nas imagens LANDSAT.

Quanto maior o conhecimento da área pelo usuário responsável pela escolha das ATs, maior será a precisão dos resultados do mapeamento e mais próximo possível da situação real existente. No entanto, quando forem constatados erros ou imprecisões nos resultados da classificação, o protocolo ressalta a necessidade de que seja feita nova seleção de ATs, e a execução de novo processamento das imagens, até a obtenção de um grau de acurácia satisfatório.

No caso do mapeamento de 2022 a equipe de Geoinfo procedeu à coleta de ATs adotando a premissa de Ferreira (2019), que optou em não processar áreas de treinamento referentes às classes LCZ₇ - “Baixo Precário” e LCZ₁₀ - “Indústria Pesada”. Também foi opção da equipe excluir da análise a classe LCZ_ε - “Rocha ou Pavimento”, porque durante o processamento a detecção de áreas que correspondessem a este tipo de cobertura do solo foi considerada falha, dado o alto grau de imprecisão existente para esta classe.

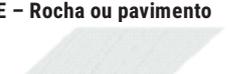
Assim, das 17 classes de LCZ originalmente propostas por Stewart e Oke (2012), representadas no anexo 1, em ambos os mapeamentos foram mantidas 14 classes.

Após a etapa do processamento das imagens de 2022 o resultado foi comparado com o mapeamento de 2002, possibilitando a detecção de mudanças ocorridas no período. Tais mudanças foram analisadas nos itens 3 a 5 deste Informe.

ANEXO I

Tipologias de classificação *Local Climate Zones* (LCZ)

Tipologias Construtivas	Definição
<p>LCZ 1 – Alto-compacto</p> 	<p>Edifícios altos em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios com mais de 10 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável, com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, aço, pedra e vidros.</p>
<p>LCZ 2 – Médio-compacto</p> 	<p>Edifícios de altura média em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios de 3 a 9 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável, com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolo e materiais cerâmicos.</p>
<p>LCZ 3 – Baixo-compacto</p> 	<p>Edifícios baixos em arranjo compacto. Áreas densamente construídas, com edifícios de 1 a 3 pavimentos. Cobertura do solo predominantemente impermeável com pouca ou nenhuma vegetação. Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolos e materiais cerâmicos.</p>
<p>LCZ 4 – Alto-aberto</p> 	<p>Edifícios altos em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios de mais de 10 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, aço, pedras e vidros.</p>
<p>LCZ 5 – Médio-aberto</p> 	<p>Edifícios de altura média em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios de 3 a 9 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, aço, pedras e vidro.</p>
<p>LCZ 6 – Baixo-aberto</p> 	<p>Edifícios baixos em arranjo aberto. Áreas de menor adensamento, com edifícios de 1 a 3 pavimentos. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa). Materiais predominantes: concreto, pedras, tijolos, madeira e materiais cerâmicos.</p>
<p>LCZ 7 – Baixo-precário</p> 	<p>Edifícios baixos e leves, com pouca inércia térmica. Áreas densamente construídas, pouco consolidadas, com edifícios de 1 pavimento. Pouca ou nenhuma vegetação arbórea. Cobertura do solo predominantemente compacta. Materiais predominantes: madeira, palha e metal corrugado.</p>
<p>LCZ 8 – Baixo-grande</p> 	<p>Grandes construções de baixa altura em arranjos abertos. Edifícios de 1 a 3 pavimentos, com cobertura do solo predominantemente impermeável. Materiais predominantes: aço, concreto, metal ou pedra.</p>
<p>LCZ 9 – Ocupação esparsa</p> 	<p>Arranjos esparsos de edifícios de baixa ou média altura em ambientes naturais. Abundância de áreas permeáveis (com vegetação herbácea, arbustiva ou arbórea esparsa)</p>
<p>LCZ 10 - Indústria Pesada</p> 	<p>Estruturas industriais de altura baixa e média (torres, tanques, etc.). Cobertura do solo predominantemente impermeável ou compacta. Materiais predominantes: aço, concreto ou metal.</p>

Tipologias de cobertura do solo	Definição
<p>LCZ A – Veg. Arbórea densa</p> 	<p>Áreas densamente cobertas por vegetação arbórea decídua e/ou perene. Cobertura do solo predominantemente permeável, com vegetação herbácea. Exemplos: florestas naturais ou cultivadas, parques urbanos.</p>
<p>LCZ B – Veg. Arbórea esparsa</p> 	<p>Áreas cobertas por vegetação arbórea esparsa e/ou perene. Cobertura do solo predominantemente permeável, com vegetação herbácea. Exemplos: florestas naturais ou cultivadas, parques urbanos.</p>
<p>LCZ C – Veg. Arbustiva</p> 	<p>Áreas cobertas por esparsa vegetação arbustivas e vegetação arbórea de pequeno porte. Cobertura do solo predominantemente permeável (solo exposto ou areia). Exemplo: áreas arbustivas naturais ou áreas de cultivo agrícola.</p>
<p>LCZ D – Veg. Herbácea</p> 	<p>Áreas cobertas por vegetação herbácea. Exemplo: pastagens naturais ou cultivadas, áreas agrícolas ou parques urbanos.</p>
<p>LCZ E – Rocha ou pavimento</p> 	<p>Áreas cobertas por rochas ou pavimentos impermeáveis. Pouca ou nenhuma vegetação. Exemplo: rochas expostas e áreas destinadas a transporte.</p>
<p>LCZ F – Solo exposto</p> 	<p>Áreas cobertas por solo exposto ou areia. Pouca ou nenhuma vegetação. Exemplo: desertos ou áreas agrícolas.</p>
<p>LCZ G – Água</p> 	<p>Corpos d'água: oceanos, lagos, rios, represas e lagoas.</p>

Fonte: Ferreira (2019).
Obs. Adaptado de Stewart e Oke (2012).



Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento

Marcos Duque Gadelho

Coordenadoria de Produção e Análise de Informação

Silvio Cesar Lima Ribeiro

Divisão de Análise e Disseminação de Informação

Steffano Esteves de Vasconcelos

Elaboração

Ana Júlia Domingues das Neves Brandão

Lara Cavalcanti Ribeiro de Figueiredo

Patrícia Marra Sepe

Priscila Arakawa Roso

Rossella Rossetto

Processamento de Dados e Mapas

Ana Julia Domingues das Neves Brandão

Danilo Mizuta

Lara Cavalcanti Ribeiro de Figueiredo

Luana Baracho (estagiária)

Equipe Técnica

Beatriz Cervino Milla

Jose Marcos Pereira de Araujo

Maria Isabel Paulino

Diagramação

Marcio de Oliveira Soares

http://smul.prefeitura.sp.gov.br/informes_urbanos
informesurbanos@prefeitura.sp.gov.br