CONTAGEM HABITACIONAL ATRAVÉS DE LEVANTAMENTO DE DADOS GEOESPACIAL PARA OS MUNICÍPIOS OPERADOS PELA SABESP

RESUMO

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) enfrenta desafios complexos desde na expansão da infraestrutura de saneamento na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), visando ampliar a cobertura de saneamento e revitalizar o rio Tietê. Este trabalho propõe a contagem habitacional de áreas irregulares, por intermédio do *Dataset Footprint Buildings* utilizando imagens de satélite de alta resolução para garantir uma acurácia superior a 80%. Os resultados, no total de habitações contadas, revelam uma diferença significativa de 32,93% entre a contagem feita pela empresa contratada e pela própria Sabesp, ressaltando a importância da validação dos dados. A vetorização automática oferece eficiência, mas a intervenção humana é essencial para garantir a precisão dos resultados, destacando a necessidade de uma abordagem híbrida. A contagem habitacional enfrenta desafios, como a complexidade das áreas mapeadas e a falta de registros formais, evidenciando a importância de investir em tecnologias e metodologias para um planejamento urbano mais eficiente e inclusivo. A metodologia do *Google Earth Engine* com o *Open Footprint Buildings* se destaca como uma abordagem inovadora e eficaz para a análise geoespacial e contagem habitacional, mas ocorrem discrepâncias, destaca a importância de entender e avaliar as diferenças, reafirmando que a validação final deve ser feita visualmente por um analista, garantindo que as decisões e intervenções baseadas nos resultados da contagem habitacional sejam precisas e eficazes.

PALAVRAS-CHAVE: Contagem Habitacional, Áreas Irregulares, *Google Earth Engine*, Densidade Populacional.

INTRODUÇÃO

A expansão da infraestrutura de coleta e tratamento de esgotos na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é um desafio de grande magnitude, enfrentando complexidades decorrentes de ocupações irregulares, descargas clandestinas de esgotos residenciais e industriais, degradação ambiental de áreas de preservação e deficiências na fiscalização. Desde 1992, a Sabesp tem desempenhado um papel crucial nesse contexto, implementando ações em 32 municípios metropolitanos, conforme preconizado no Plano Diretor de Esgotos da RMSP. Essas ações visam não apenas a expansão e otimização da infraestrutura de saneamento, mas também a revitalização progressiva do rio Tietê e seus afluentes, promovendo a saúde pública e a qualidade de vida da população (PMSB-SP, 2023).

Ao longo dos anos, a Sabesp registrou avanços significativos, refletidos em números concretos. A vazão de esgoto tratado na RMSP, por exemplo, aumentou quase seis vezes desde 1992, ampliando o tratamento de 24% para 85% do volume coletado. Além disso, a cobertura com rede de coleta expandiu-se consideravelmente, passando de 70% para mais de 90% da população instalada na área formal.

No entanto, diante do crescimento urbano desordenado e das demandas em constante evolução, torna-se cada vez mais crucial adotar soluções inovadoras para monitorar o avanço urbano e enfrentar os problemas associados aos assentamentos em áreas irregulares.

A contagem habitacional em áreas irregulares assume uma importância estratégica para a Sabesp, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, não apenas como um elemento crucial para o planejamento urbano, mas também como um fator determinante para a maximização da receita e o atendimento eficaz às demandas da população. A necessidade de compreender a distribuição populacional em áreas como aglomerações subnormais, favelas e outros assentamentos informais é inegável, pois tais regiões muitas vezes são carentes de infraestrutura básica e serviços de saneamento adequados (IBGE, 2002).

Nesse contexto, a utilização de tecnologias avançadas de sensoriamento remoto e análise geoespacial torna-se fundamental. Conforme Domeneghini (2023), o *Google Earth Engine* (GEE), por exemplo, oferece soluções

poderosas para a extração de dados e a análise de padrões urbanos em escala global. A disponibilidade de conjuntos de dados como o *Open Footprint Buildings Dataset* (Open Buildings Dataset, 2023) possibilita uma abordagem eficiente para a contagem e identificação de edificações em áreas urbanas, inclusive as consideradas irregulares.

No entanto, a eficácia dessas abordagens depende não apenas da precisão dos dados e da metodologia empregada, mas também da capacidade de interpretação e análise dos resultados. Questões como a acurácia dos dados, a variabilidade da densidade populacional e as peculiaridades das diferentes regiões devem ser cuidadosamente consideradas (BRASIL, 2018)

Ferramentas de contagem habitacional simplifica processos e acarreta uma série de vantagens adicionais. Estas vão desde melhorias na eficiência operacional e até o aprimoramento do planejamento urbano e a transparência nas finanças públicas. Além disso, tal instrumento pode desempenhar um papel crucial na redução das disparidades cadastrais entre áreas servidas e não servidas por serviços de infraestrutura (BRASIL, 2018)

A introdução dessa ferramenta não apenas aprimora a precisão na contagem habitacional, mas também otimiza a distribuição de recursos e a gestão dos serviços públicos, como o abastecimento de água e o saneamento básico. Isso, por sua vez, pode promover uma distribuição mais equânime desses serviços, diminuindo as disparidades entre distintas ocupações (DOMENEGHINI, 2023).

Ademais, ao aumentar a transparência, essa ferramenta pode fortalecer a confiança dos cidadãos nas instituições públicas, fornecendo informações acessíveis e claras sobre os serviços prestados e os investimentos em infraestrutura urbana. Assim, sua implementação não apenas eleva a qualidade de vida da população, mas também fortalece a governança e a gestão urbana de modo abrangente. (DOMENEGHINI, 2023)

A complexidade inerente ao processamento dos dados de contagem habitacional exige não apenas uma infraestrutura de computação robusta, mas também habilidades técnicas avançadas para sua análise e interpretação eficazes. Nesse cenário, o *Google Open Building Dataset* surge como uma ferramenta promissora, oferecendo uma vasta gama de informações sobre construções urbanas, embora sua precisão e cobertura variem, com uma acurácia aproximada de 75% (Open Buildings, 2023).

Embora o potencial do *Google Open Building Dataset* para informar e orientar projetos de desenvolvimento urbano seja significativo, sua aceitação e adoção enfrentam resistência e bloqueios. Um dos principais obstáculos reside na necessidade de garantir a confiança e o apoio dos stakeholders envolvidos. (Open Buildings, 2023). Especialmente em contextos onde há resistência à implementação de iniciativas baseadas nos resultados da ferramenta, é crucial abordar preocupações relacionadas à privacidade, confiabilidade dos dados e possíveis consequências socioeconômicas. Além disso, a complexidade técnica subjacente ao uso efetivo do dataset pode intimidar alguns setores da comunidade, exigindo esforços adicionais para capacitação e educação sobre suas aplicações e benefícios potenciais.

Tecnologias inovadoras, como inteligência artificial, aprendizado de máquina e análise de big data, têm o potencial de transformar a contagem habitacional, tornando-a mais eficiente, precisa e escalável. Neste contexto, um dos desafios enfrentados é o tempo disponível para a vetorização manual das edificações. A realização desse processo de forma manual demanda um investimento considerável de recursos humanos e tempo, especialmente em áreas extensas ou com grande densidade populacional.

Além disso, a vetorização manual pode ser suscetível à erros e inconsistências, principalmente quando realizada em larga escala. Isso pode resultar em uma representação imprecisa das edificações e comprometer a qualidade dos dados obtidos. Os detalhes de uma imagem ou mapa podem ser interpretados de maneira diversa, levando a variações na vetorização dos mesmos elementos. Os vetores podem não seguir exatamente os contornos das edificações ou podem omitir detalhes importantes. Realizada em larga escala, a repetitividade e o esforço necessário para vetorizar manualmente podem levar ao cansaço, aumentando a probabilidade de erros.

Portanto, é crucial encontrar soluções que otimizem esse processo, reduzindo o tempo necessário para a vetorização manual sem comprometer a qualidade e a precisão dos resultados. O uso de técnicas automatizadas

e ferramentas de processamento de imagem pode ser uma alternativa viável para superar esse desafio, permitindo uma análise eficiente e precisa das edificações na área de interesse (ROI).

A vetorização automática permite processar grandes volumes de dados de forma rápida e eficiente, identificando e delineando as edificações de maneira automatizada. No entanto, para garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados, é essencial que essas informações sejam posteriormente avaliadas e refinadas por analistas, especialistas em Sensoriamento Remoto.

Neste trabalho, buscou-se explorar a relevância da contagem habitacional em áreas irregulares, destacando a importância da precisão e da eficiência na coleta e análise de dados para a maximização da receita e o aprimoramento dos serviços prestados à população. Através da utilização do GEE e de conjuntos de dados como o *Open Footprint Buildings*, pretende-se fornecer informações que contribuam para uma gestão mais equânime e uniformemente distribuída para a receita da Sabesp no Estado de São Paulo pela maior fatia de mercado, formatado em uma percepção da realidade mais eficazes.

É importante considerar a exclusão da região metropolitana de São Paulo ao realizar essas análises. Dada a sua complexidade e características habitacionais distintas, essa área pode apresentar padrões e desafios únicos que requerem abordagens específicas. Portanto, uma análise diferenciada para essa região pode ser necessária para garantir resultados precisos e relevantes.

METODOLOGIA

Inicialmente, os dados de construções disponíveis no conjunto de dados aberto do *Google, o Open Footprint Buildings* (figura 01) são importados para a plataforma de análise, o *Google Earth Engine* (GEE), garantindo acesso às informações essenciais sobre edificações em uma escala global.



Figura 01 – Vetorização das Eificações

Em seguida, os dados são filtrados e restringidos para uma Região de Interesse (ROI) específica, que corresponde à área de atuação da Sabesp na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Isso permite uma análise mais direcionada e relevante para os objetivos do estudo.

Na sequência, foi utilizado um modelo digital 3D, obtido por intermédio de imagens de satélite de alta resolução espacial, para gerar tanto o Modelo Digital de Superfície (MDS) quanto o Modelo Digital de Terreno (MDT) referentes a um mesmo período de tempo. A altura da superfície útil foi derivada da diferença

entre o MDS e o MDT. O modelo resultante da superfície 3D incluiu texturas em todos os lados, disponível em formato compatível com o software de Geoprocessamento utilizado.

A metodologia sugerida consiste em determinar o número de conjunto de habitações, suas respectivas dimensões e alturas. Inicialmente mapear as edificações na área de interesse sobre as ortoimagens, determinar altura da superfície útil e a intersecção entre as edificações mapeadas para definir as edificações/conjunto de habitação (figura 02) e estimar o número de andares considerando uma média de pé direito de 2,5 metros.

Foram criados pontos centralizados por habitação (centroide), amostrados no Modelo Digital 3D, utilizada a correta angulação para garantir a ortorretificação e altura da edificação. Após levantamento amostral do Modelo 3D, atributos foram criados pela diferença entre MDS e MDT do ponto centralizado de cada edificação (figura 02).

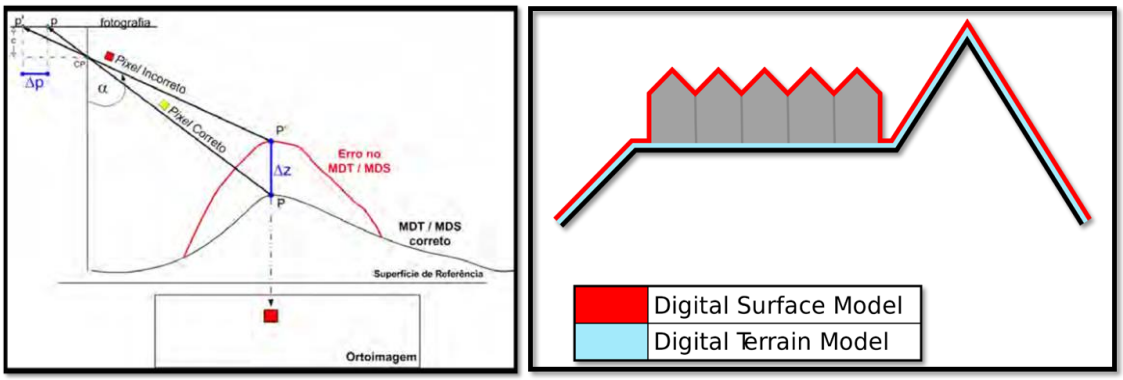


Figura 02 – Concepção para determinar altura das edificações

Da tabulação resultante do vetor dos pontos centralizados das edificações foram criados critérios mínimos para definir o número de pavimentos de uma edificação pela divisão da diferença entre MDT e MDS pelo pé direito de padrão de uma edificação (2,5 m), definida também área mínima da edificação para evitar a admissão de *outlayers* com vetores das edificações muito pequenas ou recortadas pelos limites dos vetores de fragmentos de áreas irregulares.

Para consubstanciar contagem por intermédio de metodologia descrita levantou-se informações dos dados brutos, oriundos da contagem do Foot Print Buildings e Modelos Digitais de Elevação

Tabela 01 – Atributos (Metadados) dos vetores do levantamento de contagem habitacional

Atributo	Descrição
Poligono ID	Identificador da geometria da edificação. Composto pela numeração da área irregular e numeração aleatória incremental.
Centroide ID	Identificador do centroide da edificação utilizado para contagem habitacional. Composto pela numeração da área irregular e numeração aleatória incremental.
Referência	Fonte da área irregular. Signos, GeoSampa ou, para áreas de expansão urbana, expansão observada na imagem.
Município	Nome do município (IBGE, 2022).
Código IBGE	Código de identificação do IBGE
Situação	Situação da área. Valor herdado dos dados de áreas irregulares.
MDT	Altimetria calculada a partir do Modelo Digital de Terreno.
MDS	Altimetria calculada a partir do Modelo Digital de Superfície.
MDS - MDT	Diferença altimétrica entre o MDS e o MDT.
Habitações por ponto	Contagem habitacional considerando a altura de 2,5m., MDS - MDT / 2,5.
Tipo	Tipo de ocupação. Valor herdado dos dados de áreas irregulares.

Atributo	Descrição
Área km²	Área em quilômetros quadrados da área irregular.
Área m²	Área em metros quadrados da área irregular.
Data da atualização	Data da vetorização da edificação.
Atualizado por	Identificação do responsável pela contagem habitacional.
E UTM	Coordenada leste em metros.
N UTM	Coordenada norte em metros.

Um fluxo de processo (figura 04) foi construído detalhadamente para garantir uma abordagem sistemática e transparente para a contagem habitacional, facilitando a replicação e a verificação dos resultados obtidos. Em paralelo, foi realizada gestão de dados de uma Prestação de Serviços de contagem habitacional por intermédio de imagens de satélite de alta resolução da Região de ocupações irregulares de margens do Rio Tietê, em que são angariados esforços, fruto de uma integração entre governo, iniciativa privada e sociedade civil para direcionamento de recursos aos pontos mais vulneráveis do Tietê.

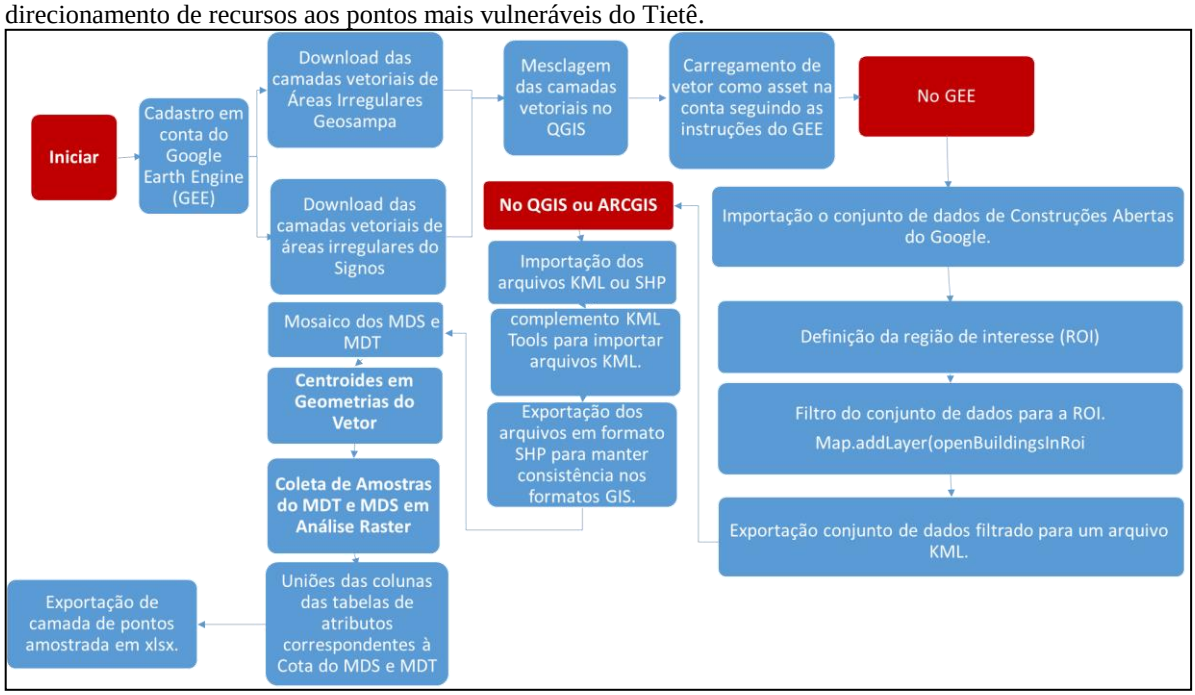


Figura 03 – Fluxo de Processo para Contagem Habitacional

Utilizando ferramentas de análise geoespacial, são realizadas análises detalhadas da densidade populacional e da distribuição das construções dentro da Região de Interesse (ROI, traduzido para o inglês). Isso envolve a identificação de padrões espaciais, a avaliação de áreas com maior concentração de edificações e a correlação com dados demográficos disponibilizados pela empresa contratada (tabela 02).

RESULTADOS

Tabela 02 - Total de Habitações levantadas

					Total de habitações	
Prioridad	Ensaio_	Fas	Paco	Local	Tercerizada	Sabesp
1	10C	1	10C	Guarulhos	1.692	1.065
1	11	1	11	Guarulhos	2.844	1.922
1	12	1	12	Guarulhos	6.965	5.728
1	15A	1	15A	Guarulhos	2.326	2.368
1	15B	1	15B	Guarulhos	6.046	6.882
SubTotal					19.873	17.965
2	7A1	1	7A1	Itaquaquecetuba	647	466
2	7A2	1	7A2	Itaquaquecetuba	4.895	3.234
2	1A1	1	1A1	São Paulo	7.248	5.154
2	1A2	1	1A2	São Paulo	15.044	14.446
2	1B1	1	1B1	São Paulo	10.404	8.115
2	1B2	1	1B2	São Paulo	6.937	5.878
2	4A	1	4A	São Paulo	3.130	1.677
2	4B	1	4B	São Paulo	72.573	36.934
2	3A	1	3A	Complemento Guarulhos	26.866	18.453
2	3B	1	3B	Complemento Guarulhos	8.038	7.533
2	8A	1	8A	Diadema e São Paulo	37.470	6.627
2	8B	1	8B	Diadema e SB Campo	3.234	2.026
2	5B	1	5B	Santo André e SB do Campo	1.043	2.091
2	5C	1	5C	São Bernardo do Campo	4.110	2.601
SubTotal					202.118	115.235
3	6A	1	6A	Ferraz de Vasconcelos e São Paulo	37.792	24.380
3	6B	1	6B	Itaquaquecetuba	6.082	4.947
3	7B	1	7B	Itaquaquecetuba	4.019	2.642
3	7C	1	7C	Itaquaquecetuba	12.330	10.845
3	19	1	19	Complemento Guarulhos	6.135	5.765
3	14	1	14	Complemento Guarulhos	15.031	13.717
SubTotal					81.389	62.296
4	9	1	9	São Paulo	44.703	34.071
4	16	1	16	Santo André	3.575	2.309
4	17A	1	17A	Suzano	245	226
4	17B	1	17B	Ferraz de Vasconcelo + outros	6.526	5.654
4	1C	1	1C	São Paulo	14.090	10.310
4	2A	1	2A	São Paulo	15.167	11.004
SubTotal					84.306	126.843
Total					387.686	322.339

Os resultados da contagem habitacional nas áreas de interesse (tabela 02), realizadas por prioridades e trinta e um setores, destacam uma variação significativa entre a contagem feita pela empresa terceirizada a realizada pela própria Sabesp. Em Guarulhos, por exemplo, observamos uma diminuição considerável no número total de habitações registradas, com uma redução de 9,60% na contagem da Sabesp em comparação com a contagem feita pela contratada. Essa discrepância também é evidente em outras regiões, como São Paulo e Diadema, onde as reduções chegam a 49,11% e 82,31%, respectivamente (figura 04).

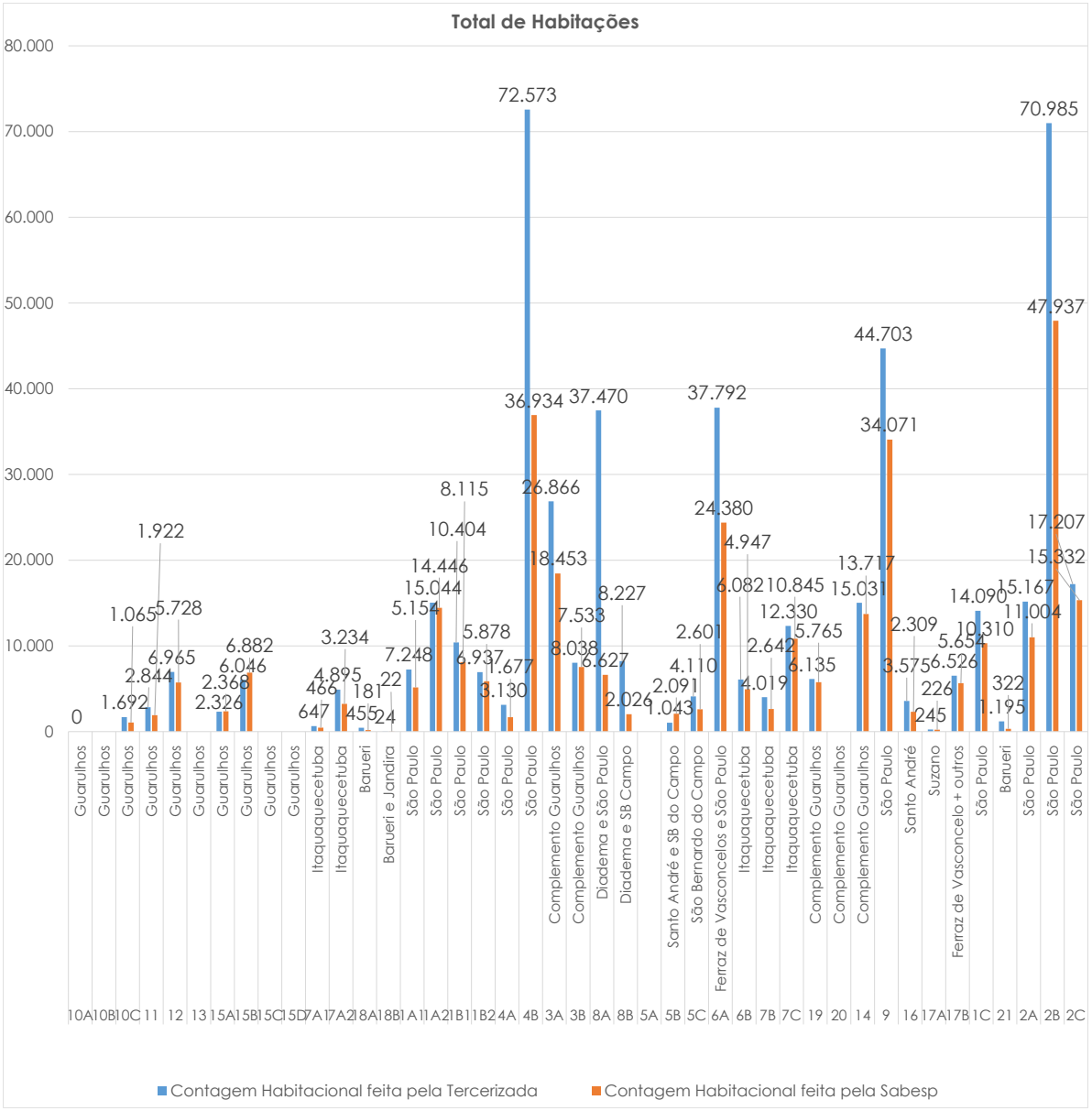


Figura 04 – Comparação da contagem habitacional realizada por setor

Essas diferenças podem ser atribuídas a uma variedade de fatores, incluindo a complexidade das áreas mapeadas, a precisão dos dados iniciais e eventuais dificuldades técnicas durante o processo de contagem. Além disso, a falta de áreas mapeadas em determinadas regiões pode ter impactado diretamente nos resultados finais.

A diferença entre os resultados finais da contagem habitacional, somando todas as áreas de interesse, é significativa. A contagem realizada pela empresa terceirizada totalizou 482.066 habitações, enquanto a contagem feita pela própria Sabesp registrou um total de 322.864 habitações (tabela 01). Isso representa uma diferença de 33,03% entre os dois conjuntos de dados.

Essa disparidade ressalta a importância de uma análise cuidadosa e abrangente dos dados coletados, bem como a necessidade de verificar e validar as informações obtidas por meio de diferentes fontes. A variação nos resultados pode ser influenciada por diversos fatores, como a metodologia de contagem, a precisão dos dados de entrada e eventuais erros durante o processo de coleta e análise.

A receita da Sabesp em áreas irregulares é complexa e está diretamente ligada à contagem habitacional, pois o número de habitações influencia o volume de serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto necessários. Em áreas densamente povoadas, como as irregulares em Guarulhos (figura 06), a Sabesp enfrenta entraves na regularização e cobrança dos serviços, o que pode resultar em receitas subótimas. Discrepâncias nos dados de contagem habitacional entre a empresa contratada e a Sabesp tornam esse cenário ainda mais complicado, já que uma subestimação do número de habitações pode levar à falta de infraestrutura adequada e perda de receita potencial, enquanto uma superestimação pode causar alocação ineficiente de recursos. Assim, a precisão e a coordenação entre essas bases de dados são essenciais para melhorar a eficiência operacional e a arrecadação da Sabesp, especialmente em áreas irregulares.

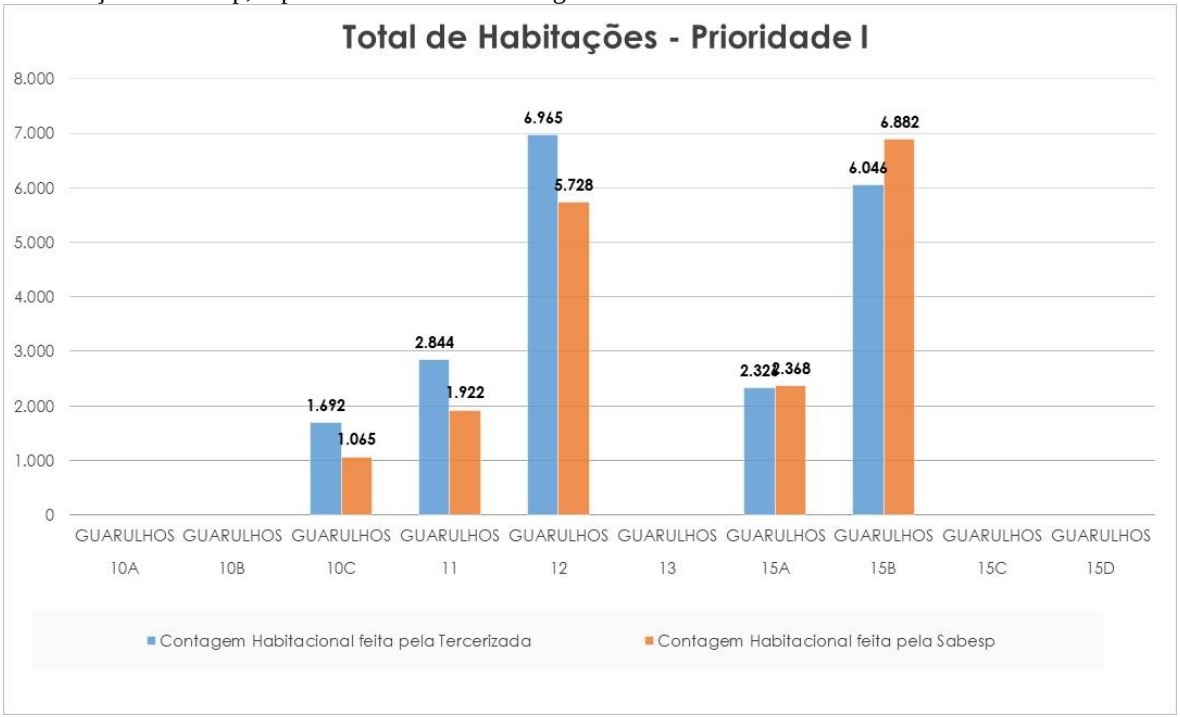


Figura 05 – Comparação da contagem habitacional realizada por setor (prioridade I)

Ainda há dificuldades em garantir a precisão e abrangência das análises, especialmente em áreas com alta variabilidade e mudanças rápidas na ocupação do espaço.

Ferramentas para análise geoespacial são ferramentas poderosas para processar e analisar grandes volumes de dados, mas requerem expertise técnica, mão de obra especializada e recursos computacionais adequados. A combinação de diferentes metodologias pode ser necessária para obter resultados mais precisos e abrangentes.

Regiões com contagens subestimadas pela Sabesp, como observado em Diadema e São Paulo, onde há uma diferença de -82,31%, podem resultar em receitas muito menores do que o potencial real, devido à cobrança insuficiente pelos serviços prestados. Por outro lado, contagens superestimadas, como a observada em Santo André e São Bernardo do Campo (+100,48%) (figura 07), podem indicar alocações inadequadas de recursos e planejamento excessivo para áreas com menos demanda do que o projetado.

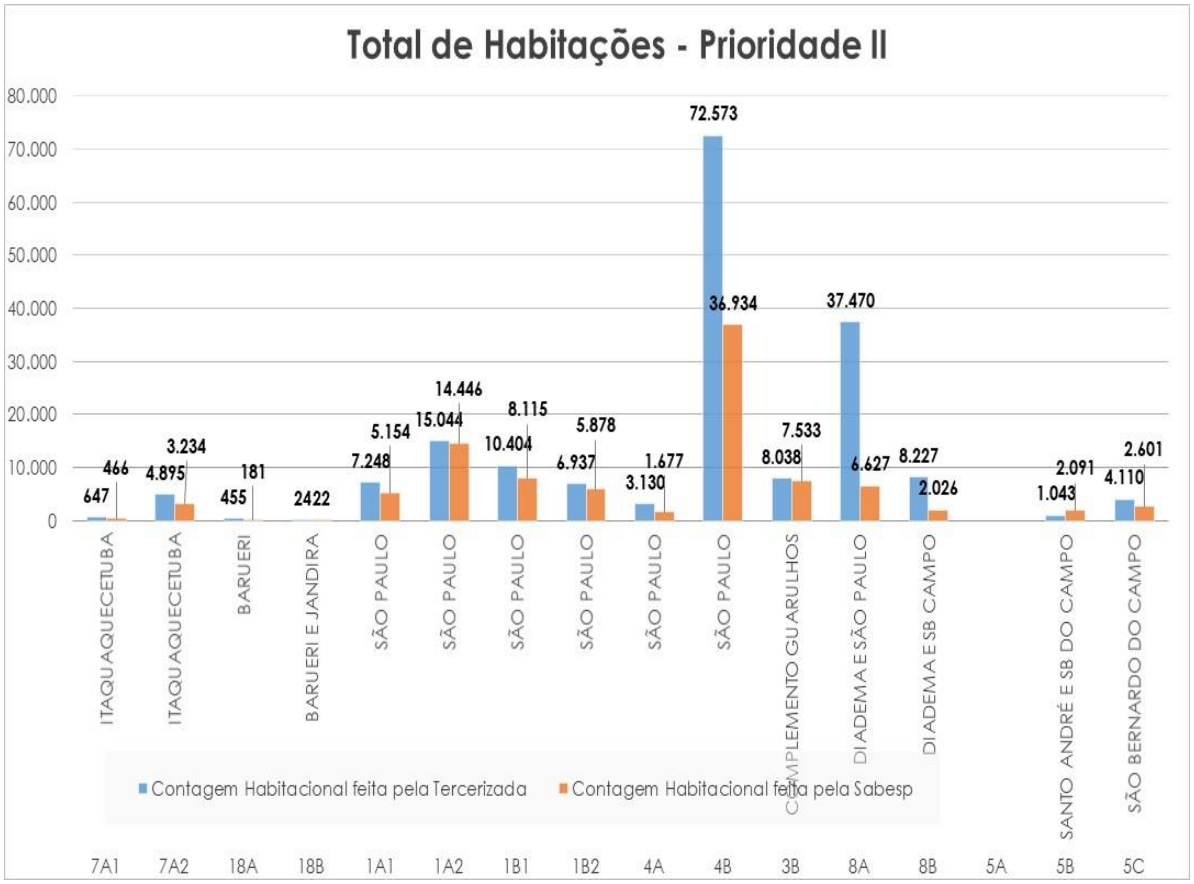


Figura 06 – Comparação da contagem habitacional realizada por setor (prioridade II)

A contagem habitacional em áreas irregulares enfrenta diversos desafios, desde a falta de registros formais até a dinâmica de ocupação do espaço. A ausência de dados precisos dificulta a identificação e quantificação das habitações, especialmente em áreas informais e favelas.

Em Ferraz de Vasconcelos e São Paulo, a grande diferença de -35,49% indica que a Sabesp pode estar subestimando a demanda por serviços, resultando em perda potencial de receita. Em Itaquaquecetuba, as variações (-18,66%, -34,26%, e -12,04%) (figura 08) também sugerem que a Sabesp não está capturando todo o potencial de receita devido à subestimação do número de habitações atendidas.

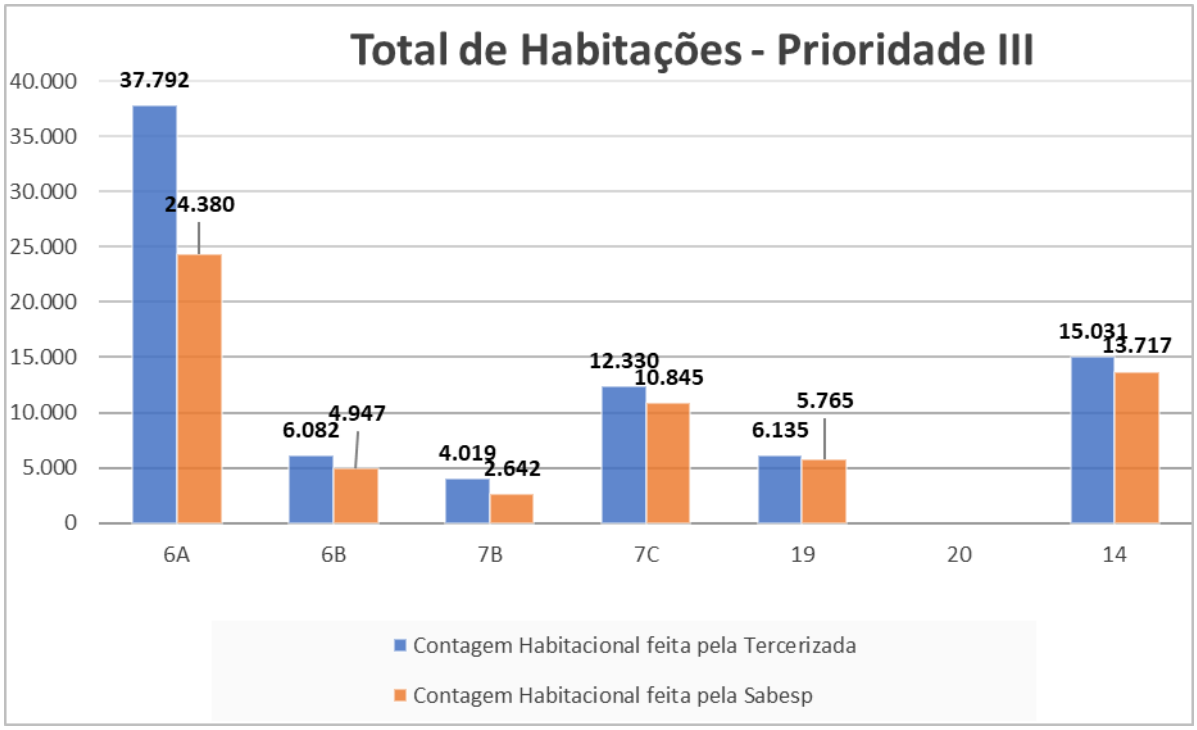


Figura 07 – Comparação da contagem habitacional realizada por setor (prioridade III)

A presença de assentamentos informais e aglomerações subnormais muitas vezes caracterizados por estruturas improvisadas e os altos índices de densidade populacional elevada, adiciona complexidade ao processo de contagem habitacional. Essas áreas podem ser de difícil acesso e apresentar uma grande variedade de arranjos habitacionais, tornando a identificação e delimitação das edificações um desafio.

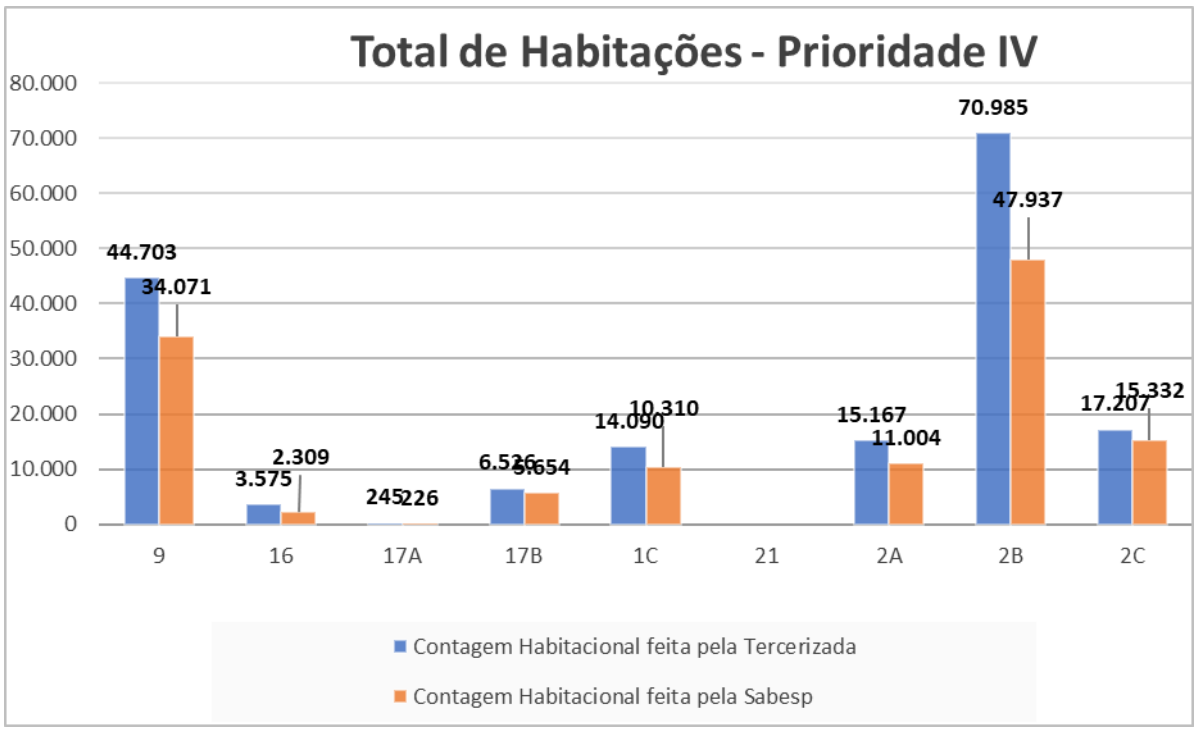


Figura 08 – Comparação da contagem habitacional realizada por setor (prioridade IV)

É possível então, realizar uma análise detalhada dos resultados da vetorização automática, corrigindo eventuais erros, refinando as delimitações das edificações e garantindo a integridade dos dados. Essa abordagem híbrida,

que combina o poder da automação com a sensibilidade humana, tende a produzir resultados mais precisos e confiáveis na contagem habitacional em áreas irregulares.

CONCLUSÕES

A contagem habitacional em áreas irregulares representa um desafio complexo, com caráter essencial para o desenvolvimento urbano e a promoção do bem-estar das comunidades. Neste estudo, adotamos uma metodologia que integra o uso do *Google Open Building Dataset*, especificamente o *Footprint Buildings*, como fonte de dados primária para identificar e delimitar as edificações em uma área de interesse.

A utilização dessa base de dados proporcionou uma abordagem eficiente e abrangente para a contagem habitacional, permitindo a análise de grandes conjuntos de dados geoespaciais em escala global. No entanto, reconhecemos que, em alguns casos, a precisão e a completude dos resultados podem ser aprimoradas por meio da correção manual por analistas humanos qualificados.

A vetorização automática dos dados do *Footprint Buildings* oferece uma base sólida para a identificação das edificações, mas a intervenção humana pode ser necessária para corrigir eventuais erros e garantir a precisão dos resultados. A combinação da vetorização automática com a correção manual por terceiros permite obter resultados mais confiáveis e refinados, contribuindo para uma análise mais precisa e abrangente da distribuição habitacional em áreas irregulares.

Portanto, recomendamos a adoção de uma abordagem híbrida que aproveite as vantagens da automação, oferecidas pelo *Footprint Buildings*, e a expertise humana, proporcionada pela correção manual, para garantir a qualidade e a confiabilidade dos resultados da contagem habitacional em áreas irregulares. Essa abordagem pode servir como um modelo eficaz para futuros estudos e intervenções no campo do planejamento urbano e do desenvolvimento comunitário.

É fundamental entender e avaliar essas diferenças para garantir que as decisões e intervenções baseadas nos resultados da contagem habitacional sejam precisas e eficazes. Além disso, essa discrepância destaca a importância de investir em tecnologias e metodologias que possam melhorar a qualidade e a confiabilidade dos dados coletados, contribuindo assim para um planejamento urbano mais eficiente e inclusivo.

A subestimação da contagem habitacional significa menos receita gerada, já que menos unidades habitacionais estão sendo cobradas pelos serviços de água e esgoto. Para áreas irregulares, onde a infraestrutura pode ser limitada e a regularização das habitações é um desafio, a precisão nos dados é essencial para um planejamento adequado e para garantir a sustentabilidade financeira da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Gustavo Henrique Naves Givisiez. Secretaria Nacional de Habitação (org.). Capítulo 4: O Método das Componentes Demográficas para a projeção do Brasil e Unidades da Federação. In: BRASIL. Gustavo Henrique Naves Givisiez. Secretaria Nacional de Habitação (org.). DEMANDA FUTURA POR MORADIAS DEMOGRAFIA, HABITAÇÃO E MERCADO. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2018. Cap. 4, p. 342. Disponível em: https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/comunicacao_novo/19072018_Livro_Demanda_cidades.pdf. Acesso em: 27 maio 2024.

JENNIFER DOMENEGHINI (Rio Grande do Sul). Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Você conhece o Google Open Buildings? 2023. Disponível em: https://www.ufrgs.br/gdes/2023/09/25/voce-conhece-o-google-open-buildings/. Acesso em: 27 maio 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa nacional de saneamento básico: 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002

OpenStreetMap. Open Buildings. Disponível em: openstreetmap.org. Acesso em: 18 abr. 2024.

Sabesp. Relatório Anual de Saneamento Básico. São Paulo: Sabesp, 2023.