



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

PÓS - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SISTEMA TERRESTRE
DISCIPLINA SER-457-3 POPULAÇÃO, ESPAÇO E MEIO AMBIENTE

KARINA TATIT VON SCHAAFFHAUSEN VITALE

ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO TEMPORÁRIA NA SERRA
DA MANTIQUEIRA USANDO COMO *PROXY* RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS

ESTIMATING THE TEMPORARY POPULATION IN SERRA
DA MANTIQUEIRA USING MUNICIPAL SOLID WASTE AS A
PROXY

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

2026



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

KARINA TATIT VON SCHAAFFHAUSEN VITALE

**ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO TEMPORÁRIA NA SERRA
DA MANTIQUEIRA USANDO COMO *PROXY* RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS**

**ESTIMATING THE TEMPORARY POPULATION IN SERRA
DA MANTIQUEIRA USING MUNICIPAL SOLID WASTE AS A
PROXY**

Trabalho final da disciplina População,
Espaço e Meio Ambiente, INPE

Docentes: DRA. SILVANA AMARAL E DR.
ANTÔNIO MIGUEL VIEIRA MONTEIRO

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

2026



RESUMO

Nos municípios turísticos, o planejamento da infraestrutura e dos serviços públicos pode falhar por utilizar dados que subestimam a população real, pois os dados disponíveis nem sempre incorporam a população temporária. O estudo teve como objetivo estruturar e avaliar uma metodologia padronizada, de baixo custo e replicável, para estimar a população total (população residente + população temporária) nos três municípios da UGRHI-1, na Serra da Mantiqueira Paulista. Esses municípios são: Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal. Para isso, usou como *proxy* a geração de resíduos sólidos urbanos. O estudo teve também como objetivo espacializar o cenário de alta temporada de Santo Antônio do Pinhal para observar em quais locais havia uma maior pressão populacional. Foi analisada a metodologia adotada pelo Plano de Bacia da UGRHI-1 para estimar a população total dos municípios, identificando suas limitações. Em seguida, com base nos registros mensais da quantidade de RSU de cada município, foi estimada a população total ao longo do período analisado. Os maiores valores ocorreram principalmente em época de férias escolares. Campos do Jordão atingiu 62.242 habitantes em julho de 2024, enquanto Santo Antônio do Pinhal alcançou 10.227 habitantes no mesmo mês, 40% acima da população residente. A correlação entre visitantes e resíduos de Campos do Jordão foi de 0,852 entre fevereiro e dezembro de 2023. Para Santo Antônio do Pinhal, a população estimada para o mês de maior movimento de 2025 foi distribuída em uma grade dasimétrica de $100\text{ m} \times 100\text{ m}$, utilizando o VALiN-POP. Os resultados indicaram que os registros de resíduos são uma boa *proxy* para estimar a população local. Permite identificar a sazonalidade mensal e incorporar excursionistas e usuários de imóveis de temporada. Como contribuição, o procedimento utilizou dados produzidos pelas administrações municipais e gerou informações comparáveis para o planejamento de serviços públicos; o mapa de Santo Antônio do Pinhal também poderá subsidiar o diagnóstico do futuro Plano Diretor municipal.

Palavras-chave: população temporária; resíduos sólidos urbanos; turismo; mapeamento dasimétrico; UGRHI-1.



ABSTRACT

In tourist municipalities, the planning of infrastructure and public services can fail due to the use of data that underestimates the real population, as the available data does not always incorporate the temporary population. The study aimed to structure and evaluate a standardized, low-cost, and replicable methodology to estimate the total population (resident population + temporary population) in the three municipalities of UGRHI-1, in Serra da Mantiqueira Paulista. These municipalities are: Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí, and Santo Antônio do Pinhal. For this purpose, I used the generation of municipal solid waste as a proxy. The study also aimed to map the spatial distribution of Santo Antônio do Pinhal's high-season scenario to identify which areas experienced greater population pressure. I analyzed the methodology adopted by the UGRHI-1 Basin Plan to estimate the total population of the municipalities, identifying its limitations. Next, based on the monthly records of MSW quantity from each municipality, I estimated the total population throughout the analyzed period. The highest values occurred mainly during school holiday periods. Campos do Jordão reached 62,242 inhabitants in July 2024, while Santo Antônio do Pinhal reached 10,227 inhabitants in the same month, 40% above its resident population. The correlation between visitors and waste in Campos do Jordão was 0.852 between February and December 2023. For Santo Antônio do Pinhal, the population estimated for the peak month of 2025 was distributed across a 100 m × 100 m dasymetric grid using VALiN-POP. The results indicated that waste records are a good proxy for estimating the local population. They allow for the identification of monthly seasonality and the inclusion of day-trippers. As a contribution, the procedure utilized data produced by municipal administrations and generated comparable information for public service planning; the map of Santo Antônio do Pinhal can also support the diagnosis for the future municipal Master Plan.

Keywords: temporary population; municipal solid waste; tourism; dasymetric mapping; UGRHI-1.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - População total estimada mensalmente pela <i>proxy</i> de RSU em Campos do Jordão, entre 2022 e 2025.	18
Figura 2 - População total estimada mensalmente pela <i>proxy</i> de RSU em São Bento do Sapucaí, entre 2023 e 2025.	19
Figura 3 - População total equivalente estimada mensalmente em Santo Antônio do Pinhal, em 2024 e 2025.	21
Figura 4 - Variação mensal padronizada do fluxo de visitantes e da massa de RSU em Campos do Jordão, em 2023.	24
Figura 5 - Distribuição espacial da população residente e da população total equivalente estimada em Santo Antônio do Pinhal, em 2025.	25



LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População residente dos municípios da UGRHI-1 entre 2022 e 2025.	8
Tabela 2 - Geração mensal de rejeitos de Campos do Jordão entre 2022 e 2025.	9
Tabela 3 - População residente e taxa de geração de RSU de Campos do Jordão.	10
Tabela 4 - Geração mensal de rejeitos de São Bento do Sapucaí entre 2022 e 2025.	11
Tabela 5 - Taxa de geração de RSU de São Bento do Sapucaí.	11
Tabela 6 - Estimativa mensal de rejeitos destinados ao aterro em Santo Antônio do Pinhal, em 2024 e 2025.	11
Tabela 7 - Taxa de geração de RSU de Santo Antônio do Pinhal.	12
Tabela 8 - Estimativa da população média anual de Campos do Jordão.	19
Tabela 9 - Estimativa da população média anual de São Bento do Sapucaí.	20
Tabela 10 - Estimativa da população média anual de Santo Antônio do Pinhal.	22



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CBH-SM	Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira
CJ	Campos do Jordão
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
QGIS	Quantum Geographic Information System
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SAP	Santo Antônio do Pinhal
SBS	São Bento do Sapucaí
UGRHI-1	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 1
VALiN-POP	Grade populacional da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Área de estudo	1
1.2 Problema	5
1.3 Objetivo geral	5
1.4 Objetivos específicos	6
2 MATERIAIS E MÉTODOS	7
2.1 Etapas da pesquisa	7
2.2 Análise das estimativas existentes	7
2.3 Modelo conceitual	7
2.4 Dados demográficos	8
2.5 Dados de resíduos sólidos urbanos	9
2.6 Mapeamento dasimétrico	12
2.7 Processamento no QGIS	15
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
3.1 Limitações das estimativas de população temporária utilizadas na UGRHI-1	17
3.2 População estimada em Campos do Jordão	18
3.3 População estimada em São Bento do Sapucaí	19
3.4 População estimada em Santo Antônio do Pinhal	21
3.5 Relação entre o fluxo turístico e a geração de RSU em Campos do Jordão	23
3.6 Comparação entre os municípios	24
3.7 Distribuição espacial da população em Santo Antônio do Pinhal	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
4.1 Conclusões e contribuições do estudo	27
4.2 Limitações	27
4.3 Trabalhos futuros	28
REFERÊNCIAS	29



1 INTRODUÇÃO

A população de um município não é apenas a população residente. Isso pode ser observado em municípios turísticos, onde a presença de visitantes varia entre períodos do ano. A literatura usa diferentes termos para caracterizar essa população, como população flutuante, população sazonal, população de serviço, população não residente, população temporária (PANCZAK et al., 2020). Embora as denominações possam variar entre os estudos, esses termos são usados para representar habitantes não registrados como residentes, mas que são absorvidos por um território sem intenção de mudança permanente de residência (LÓPEZ & MÓDENAS, 2004; BELL & BROWN, 2006; BELL & WARD, 2010).

Neste trabalho, adotou-se o termo população temporária, conforme Sánchez-Galiano, Martí-Ciriquián e Fernández-Aracil (2017). Essa população usa serviços e infraestrutura urbana durante sua permanência, mas não é como residente. A população total presente é definida como a soma das populações residente e temporária (SÁNCHEZ-GALIANO, MARTÍ-CIRIQUIÁN E FERNÁNDEZ-ARACIL, 2017).

A estimativa da população total é relevante para o planejamento dos serviços municipais e para dimensionar a demanda sobre o território. O abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a coleta de resíduos e o transporte atendem às pessoas que estão no município, independentemente de sua condição de residência. Em estudo realizado em Benidorm, na Espanha, Sánchez-Galiano, Martí-Ciriquián e Fernández-Aracil (2017) estimaram a população temporária a partir de indicadores relacionados ao consumo de água e à geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Os resultados mostraram que a população total poderia ser pelo menos duas vezes maior que a população registrada.

1.1 Área de estudo

A área de estudo corresponde à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 1 (UGRHI-1), na porção paulista da Serra da Mantiqueira. A unidade abrange Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí e é gerida pelo



Comitê das Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira (CBH-SM). Os três municípios apresentam atividade turística e domicílios de uso ocasional, fatores associados à presença de população temporária (CBH-SM, 2025).

A UGRHI-1 reúne mananciais estratégicos que contribuem para a bacia federal do Rio Grande (ANA, 2013), além de abrigar 56% de cobertura vegetal nativa. A preservação desses recursos e o planejamento local são desafiados pelo fluxo turístico, visto que a população temporária também consome água e demanda serviços de saneamento, transporte e coleta de resíduos. Assim, o dimensionamento da infraestrutura pública deve basear-se na população total presente.

Segundo os dados consolidados do Censo Demográfico de 2022 do IBGE, o território da UGRHI-1 possui uma população residente fixa de 65.781 habitantes, distribuída da seguinte forma:

- Campos do Jordão: 46.974 habitantes (43.094 na área urbana e 3.880 na área rural).
- São Bento do Sapucaí: 11.674 habitantes (6.294 na área urbana e 5.380 na área rural).
- Santo Antônio do Pinhal: 7.133 habitantes (3.502 na área urbana e 3.631 na área rural).

Esses valores contabilizam somente os residentes e não representam o contingente total presente ao longo do ano. O contraste com as estimativas de população temporária evidencia a diferença entre os dois recortes, como veremos a seguir.

O estudo de cobrança do CBH-SM estima uma presença temporária simultânea média (número de pessoas que ocupam o mesmo espaço ao mesmo tempo) de 104.325 pessoas no território da UGRHI-1. Isso representa cerca de 155% do contingente de residentes fixos. A população temporária média está dividida da seguinte forma:

- Campos do Jordão: 96.461 pessoas
- Santo Antônio do Pinhal: 6.599 pessoas
- São Bento do Sapucaí: 1.265 pessoas



A estimativa de 104.325 pessoas temporárias na UGRHI-1 superou em 58.544 habitantes a população residente registrada no Censo de 2022. Esse contraste demonstra que os dados demográficos convencionais são insuficientes para captar a real dinâmica populacional do município.

A área da UGRHI-1 conta com mananciais superficiais e subterrâneos, além de áreas protegidas e remanescentes de vegetação nativa (CBH-SM, 2025). A cobertura vegetal nativa ocupa cerca de 56% do território da bacia (SIMA/IPA, 2022 apud CBH-SM, 2025), sendo 66% desta coberta por Floresta Ombrófila Mista. Entre as Unidades de Conservação (UCs) da região, destacam-se o Parque Estadual de Campos do Jordão, a RPPN Fazenda Renópolis em Santo Antônio do Pinhal e o Monumento Natural Estadual da Pedra do Baú (MONA) em São Bento do Sapucaí (CBH-SM, 2025). A conservação dessas áreas e de suas florestas está diretamente associada à regulação do ciclo hidrológico, garantindo a disponibilidade de água e a preservação dos ecossistemas locais.

Os municípios da UGRHI-1 apresentam diferentes valores nos indicadores de risco climático e ambiental. Segundo o AdaptaBrasil MCTI (2024), os índices de risco de impacto do estresse hídrico são 0,65 para Campos do Jordão; 0,58 para São Bento do Sapucaí; e 0,52 para Santo Antônio do Pinhal. Mas eles podem estar subestimados devido a não inclusão da população flutuante nos cálculos (CBH-SM, 2024).

Apesar da necessidade de considerar a população temporária, sua estimativa apresenta limitações nos municípios da UGRHI-1. Os municípios usam diferentes fontes de dados e procedimentos. Campos do Jordão possui informações sobre fluxo de visitantes e atividade turística. São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal utilizam, entre outras informações, dados sobre meios de hospedagem, número de leitos e domicílios de uso ocasional. A utilização de diferentes fontes e procedimentos dificulta a padronização e a comparação das estimativas entre os municípios (CBH-SM, 2025).

O Plano de Bacia da UGRHI-1 reconhece essa limitação. O documento indica como prioridade novos estudos para estimar a população temporária a partir de variáveis



relacionadas ao consumo de água e à geração de resíduos sólidos. É a partir dessa lacuna, identificada pelo próprio planejamento da bacia, que se insere a proposta deste estudo.

Neste trabalho, a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) foi analisada como *proxy* da população temporária. O consumo de água não foi usado porque os dados mensais não estavam disponíveis de forma desagregada e a cobertura do abastecimento é heterogênea, sobretudo em Santo Antônio do Pinhal (IBGE, 2022).

Segundo dados do Censo Demográfico de 2022, apenas 53,4% da população de Santo Antônio do Pinhal era abastecida pela rede geral de distribuição de água. Dados do SINISA (BRASIL, 2024) indicam que aproximadamente 57,7% da população tinha acesso aos serviços públicos de abastecimento, percentual significativamente inferior à média do estado de São Paulo (97,4%). Dessa forma, o consumo registrado pela rede pública não representa o consumo hídrico da população total presente no município.

Sánchez-Galiano, Martí-Ciriquián e Fernández-Aracil (2017) mostraram que os registros de RSU captam resíduos produzidos por excursionistas, que não pernoitam nos municípios. Essa característica amplia o recorte em relação aos registros de hospedagem. Campos et al. (2025) também utilizaram a geração de RSU para estimar a população temporária.

A análise dos três municípios da UGRHI-1 permitiu avaliar o procedimento em diferentes contextos da mesma unidade de gerenciamento. Os dados foram comparados entre municípios e períodos do ano. O estudo não buscou obter um valor absoluto da população temporária, mas avaliou a variação dos RSU como indicador indireto da sazonalidade da população presente.

A estimativa forneceu informação complementar para o planejamento municipal e para a gestão dos recursos hídricos da UGRHI-1. O procedimento respondeu a uma demanda registrada no Plano de Bacia e utilizou dados disponíveis nos sistemas municipais.



A etapa espacial examinou como a população estimada se distribui no território, superando a limitação dados populacionais agregados do município, que não mostram o adensamento populacional nem as variações internas na demanda por infraestrutura. Assim, o mapeamento dasimétrico complementou a estimativa ao distribuir a população de forma não homogênea, conforme variáveis relacionadas à ocupação territorial.

1.2 Problema

Na área de estudo, a visitação varia ao longo do ano e produz diferenças entre a população residente e a população presente. O Plano de Bacia reconhece essa dinâmica, mas adotou metodologias diferentes para o cálculo da população temporária para os três municípios. Essa diferença limitou a comparação direta das estimativas (CBH, 2025).

Essa questão tende a ganhar ainda mais relevância diante da perspectiva de fortalecimento das atividades e dos fluxos turísticos na região. Em março de 2026, o Governo do Estado de São Paulo instituiu oficialmente o Distrito Turístico Alto da Mantiqueira, abrangendo os municípios de Campos do Jordão, Santo Antônio do Pinhal e São Bento do Sapucaí, com o objetivo de estruturar e fortalecer o desenvolvimento turístico regional (SÃO PAULO, 2026) . Além disso, está em andamento a duplicação da Rodovia Floriano Rodrigues Pinheiro, o que poderá ampliar a acessibilidade e os fluxos para a região.

O planejamento territorial e ambiental da bacia necessitam de informações precisas não apenas sobre a dimensão do fluxo turístico, mas também sobre a sua distribuição no espaço. Essa necessidade é ainda mais crítica em Santo Antônio do Pinhal, o único da UGRHI-1 sem Plano Diretor. Diante das diferenças entre os municípios e da falta de um método único, é fundamental adotar uma forma padronizada de calcular e comparar a população em toda a região.

A partir dessas lacunas, o presente estudo é guiado pela seguinte questão de pesquisa: Como estimar a população total, composta pela população residente e temporária, nos municípios da UGRHI-1 utilizando a geração de resíduos sólidos urbanos como *proxy*?



1.3 Objetivo geral

O objetivo geral foi estruturar e avaliar um procedimento padronizado, de baixo custo e replicável, para estimar a população total nos municípios da UGRHI-1 por meio da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU). Também se buscou espacializar a população estimada para o período de maior movimento turístico de 2025 em Santo Antônio do Pinhal.

1.4 Objetivos específicos

- Analisar a metodologia adotada pelo Plano de Bacia da UGRHI-1 para estimar a população total em cada município, identificando suas limitações metodológicas;
- Estimar a população total dos municípios da UGRHI-1 dos últimos anos, considerando a população residente e temporária, a partir da geração de RSU;
- Aplicar o mapeamento dasimétrico para espacializar a população total estimada para o período de maior movimento turístico de 2025 em Santo Antônio do Pinhal, utilizando variáveis espaciais de ponderação e avaliando seu potencial de aplicação ao planejamento urbano municipal.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Etapas da pesquisa

O estudo combinou análise documental, cálculo populacional e geoprocessamento. A análise documental examinou os procedimentos existentes na UGRHI-1. A etapa quantitativa utilizou dados demográficos e registros mensais de RSU, enquanto a etapa espacial aplicou o mapeamento dasimétrico em Santo Antônio do Pinhal.

A pesquisa foi desenvolvida em três etapas sequenciais. Primeiro, foram comparadas as metodologias da estimativa de população total utilizadas pelo Plano de Bacia para os três municípios. Em seguida, foi aplicado um único procedimento de estimativa com base na geração mensal de RSU para os três municípios. E por último, foi distribuído espacialmente a população total estimada para o mês de maior movimento de 2025 em Santo Antônio do Pinhal.

2.2 Análise das estimativas existentes

Foi realizada uma análise documental das metodologias utilizadas para estimar a população temporária na UGRHI-1. Foram consultados o Plano de Bacia, o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, o estudo de fundamentação da cobrança pelo uso da água e documentos municipais relacionados ao turismo, ao saneamento e à gestão de resíduos sólidos (CBH-SM, 2024, 2025; REGEA, 2025).

Para cada município, foram identificados a fonte, o período, a unidade de medida e o procedimento de cálculo. Também foi verificada a inclusão de turistas hospedados, usuários de imóveis de uso ocasional, locações por temporada e excursionistas. A comparação indicou quais grupos e variações temporais eram captados por cada método.

2.3 Modelo conceitual

A população total presente em um território corresponde à soma da população residente com a população temporária (SÁNCHEZ-GALIANO; MARTÍ-CIRIQUIÁN; FERNÁNDEZ-ARACIL, 2017):

$$\text{População total} = \text{população residente} + \text{população temporária}$$

A população total equivalente de cada mês foi estimada pela relação entre a massa mensal de RSU e a taxa diária de geração per capita (SÁNCHEZ-GALIANO; MARTÍ-CIRIQUIÁN; FERNÁNDEZ-ARACIL, 2017; CAMPOS et al., 2025):

$$\text{Estimativa da população total} = \frac{\text{Massa Total de RSU (kg)}}{\text{Geração per capita (kg/hab} \cdot \text{dia)} \times \text{Dias do Mês}}$$

A taxa per capita de referência foi calculada a partir de um mês de baixa geração de RSU, considerado como o período de menor influência da população temporária (CAMPOS et al., 2025):

$$\text{Geração per capita (kg/hab} \cdot \text{dia)} = \frac{\text{RSU do } < \text{mês}}{\text{População residente} \times \text{Dias do mês}}$$

2.4 Dados demográficos

A Tabela 1 apresenta a população residente adotada nos cálculos. Foram usados os dados de 2022 a 2025 para Campos do Jordão e São Bento do Sapucaí. Para Santo Antônio do Pinhal, foram considerados 2024 e 2025, período com registros mensais de RSU. O valor de 2023 foi estimado por interpolação linear entre 2022 e 2024 (IBGE, 2024, 2025). Os valores da Tabela 1 foram utilizados no cálculo das taxas per capita de geração de RSU.

Tabela 1- População residente dos municípios da UGRHI-1 entre 2022 e 2025.

	2022	2023¹	2024	2025
Campos do Jordão	46.974	47478,5	47.983	47.956
São Bento do Sapucaí	11.674	11.811	11.948	11.989 ¹
Sto Antônio do Pinhal	—	—	7.294	7.314

Fonte: Elaboração própria com base no IBGE (2022, 2024, 2025).

2.5 Dados de resíduos sólidos urbanos

Os dados de RSU foram organizados por município, mês e ano. Neste trabalho, o termo RSU corresponde à fração coletada pelo serviço municipal e encaminhada à disposição final. Essa fração inclui os resíduos domiciliares e os resíduos comerciais incorporados à coleta regular.

A inclusão dos resíduos comerciais é importante porque parte dos resíduos associados ao turismo é gerada em hotéis, pousadas, restaurantes, mercados e outros estabelecimentos. O uso apenas dos resíduos domiciliares poderia subestimar a presença da população temporária. A geração de RSU também permite captar parte dos excursionistas, que utilizam os serviços municipais, mas não aparecem nos registros dos meios de hospedagem (SÁNCHEZ-GALIANO; MARTÍ-CIRIQUIÁN; FERNÁNDEZ-ARACIL, 2017).

A Tabela 2 apresenta a série mensal de RSU de Campos do Jordão e identifica, em azul, os meses selecionados para calibrar as taxas per capita. Foram escolhidos setembro de 2022, setembro de 2023, setembro de 2024 e fevereiro de 2025. A seleção considerou a menor geração, a coerência sazonal e a comparação entre os anos. Em 2025, dezembro registrou o menor valor, mas coincidiu com aumento do fluxo turístico; por isso, foi tratado como anomalia e estimado por tendência linear em 2.002,59 toneladas.

¹ Valor estimado por interpolação linear entre as populações de 2022 e 2024.

Tabela 2 - Geração mensal de rejeitos de Campos do Jordão destinados ao aterro entre 2022 e 2025.

MÊS	2022 (t)	2023 (t)	2024 (t)	2025 (t)	2025 tratado (t)
Janeiro	1850,74	1862,86	1853,07	1886,49	1886,49
Fevereiro	1508,32	1525,55	1545,72	1495,42	1495,42
Março	1668,33	1586,94	1580,09	1635,42	1635,42
Abril	1670,56	1577,1	1598,8	1790,24	1790,24
Maio	1646,05	1584,1	1625,84	1782,36	1782,36
Junho	1732,29	1713,28	1645,76	1818,19	1818,19
Julho	1784,17	1887,77	2024,2	2062,75	2062,75
Agosto	1618,68	1598,81	1671,83	1703,79	1703,79
Setembro	1447,23	1546,64	1489,02	1666,67	1666,67
Outubro	1465,84	1616,51	1653,76	1652,81	1652,81
Novembro	1474,57	1567,94	1672,8	1665,3	1665,3
Dezembro	1663,34	1690,57	1910,97	1.294,89	2.002,59

Fonte: Elaboração própria com base em dados da Terra Campos Ambiental e da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de CJ (2026).

Com os meses destacados na Tabela 2, foram calculadas taxas de 1,027 kg/hab.dia em 2022, 1,086 kg/hab.dia em 2023, 1,034 kg/hab.dia em 2024 e 1,114 kg/hab.dia em 2025. A Tabela 3 reúne esses valores e explicita a calibração utilizada em cada ano. As taxas anuais consideraram mudanças no padrão de geração e impediram a aplicação de um único fator a toda a série.

Tabela 3 - População residente de Campos do Jordão e taxa de geração de RSU calculada a partir do mês de baixa temporada.

	2022	2023	2024	2025
taxa de geração de rejeito (kg/hab*dia)	1,027	1,086	1,034	1,114

Fonte: autoria própria.

A Tabela 4 apresenta os registros mensais de São Bento do Sapucaí e destaca os meses usados na calibração. O ano de 2022 foi excluído porque a taxa calculada produziu médias inferiores à população residente, resultado incompatível com o modelo

adotado. Para 2023, 2024 e 2025, foram selecionados setembro, março e agosto, respectivamente, com base na menor geração e na coerência com o padrão sazonal.

Tabela 4 - Geração mensal de rejeitos de São Bento do Sapucaí destinados ao aterro entre 2022 e 2025.

MÊS	2023 (t)	2024 (t)	2025 (t)
Janeiro	200,48	246,19	233,16
Fevereiro	212,29	188,9	197,2
Março	187,11	177,39	205,3
Abril	168,35	193,5	201,07
Maio	183,45	180,04	193,3
Junho	177,25	171,77	190,64
Julho	175,59	201,15	212,95
Agosto	171,42	183,21	179,89
Setembro	175	181,6	196,97
Outubro	181,22	182,93	202,67
Novembro	178,11	184,26	194,28
Dezembro	176,43	225,66	234,17

Fonte: Elaboração própria com base no Relatório Anual de Manifestos e Quantidades Recebidas, cedido pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de São Bento do Sapucaí (2026).

Tabela 5 - Taxa de geração de RSU calculada a partir do mês de baixa temporada para São Bento do Sapucaí.

	2023	2024	2025
taxa de geração de RSU (kg/hab*dia)	0,468	0,479	0,484

Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 6 apresenta os valores mensais de rejeitos destinados ao aterro por Santo Antônio do Pinhal em 2024 e 2025. Esses foram os únicos anos disponíveis no Relatório Integrado de RSU. Para 2024, março foi adotado como referência porque novembro produziu população média inferior à residente. Para 2025, novembro foi selecionado por apresentar a menor geração mensal. A Tabela 7 reúne as taxas per capita resultantes dessa calibração.

Tabela 6 - Estimativa mensal de rejeitos destinados ao aterro em Santo Antônio do Pinhal, em 2024 e 2025.

Mês	2024 (t)	2025 (t)
Janeiro	172,84	198,8
Fevereiro	143,02	147,76
Março	130,04	179,36
Abril	146,4	179,13
Maio	155,17	172,28
Junho	147,02	168,37
Julho	182,33	187,77
Agosto	141,86	162,2
Setembro	141,7	162,43
Outubro	153,85	167
Novembro	155,17	154,24
Dezembro	171,63	176,28

Fonte: Relatório Integrado de RSU de Santo Antônio do Pinhal (2026).

Tabela 7 - Taxa de geração de RSU calculada a partir do mês de baixa temporada para Santo Antônio do Pinhal.

	2024	2025
taxa de geração de rejeito (kg/hab*dia)	0,594	0,703

Fonte: Elaboração própria.

2.6 Mapeamento dasimétrico

O mapeamento dasimétrico foi usado para distribuir a população estimada do mês de pico populacional dentro do território de Santo Antônio do Pinhal. Essa técnica utiliza informações auxiliares para evitar a distribuição uniforme da população, inclusive sobre áreas sem ocupação, como florestas, corpos d'água e locais de relevo pouco acessível (WRIGHT, 1936; MENNIS; HULTGREN, 2006).



Inicialmente, foram testadas as áreas ocupadas por edificações, ou *building footprints*, disponíveis no OpenStreetMap. A proposta era usar as edificações como superfície de ponderação. Mas, após o recorte pelos limites de Santo Antônio do Pinhal, foram identificados apenas 35 edifícios. Essa cobertura era muito inferior à ocupação observada no município. Por esse motivo, a base foi descartada (OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS, 2026).

Como alternativa, usou-se a grade populacional VALiN-POP. Esta foi desenvolvida por Silva (2023) para a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte. Neste trabalho, o modelo não foi reconstruído e suas variáveis não foram recalculadas. O produto disponibilizado por Silva (2023) foi utilizado como matriz de pesos para distribuir a população estimada em Santo Antônio do Pinhal.

O VALiN-POP possui resolução espacial de 100×100 metros e usa o sistema de referência SIRGAS 2000 / UTM zona 23S. A grade foi produzida por meio do algoritmo *Random Forest*. Este relacionou a distribuição da população a 15 variáveis auxiliares. O protocolo selecionado apresentou coeficiente de determinação de aproximadamente 0,82 (SILVA, 2023).

As variáveis utilizadas na construção do modelo foram organizadas em quatro grupos:

1. Uso e cobertura da terra: incluem as distâncias em relação às áreas de cultivo, florestas, vegetação arbustiva, vegetação esparsa, áreas antrópicas e corpos d'água. Essas variáveis diferenciam áreas favoráveis à ocupação daquelas que apresentam restrições. Os dados foram obtidos principalmente no MapBiomias e no Atlas da Mata Atlântica (MAPBIOMAS, 2022; SOS MATA ATLÂNTICA, 2018; SILVA, 2023).
2. Circulação e mobilidade: incluem a distância em relação às faces de logradouros, as tipologias de mobilidade viária e a presença de endereços agropecuários. As vias e os endereços indicam áreas com acesso e presença de ocupação urbana ou rural (IBGE, 2017, 2021; ANAZAWA; MONTEIRO, 2022; SILVA, 2023).

3. Características do relevo: incluem altitude e declividade. Em um município montanhoso, áreas muito inclinadas ou de difícil acesso apresentam menor possibilidade de ocupação. Essas informações foram obtidas a partir do Topodata (VALERIANO; ROSSETTI, 2012; SILVA, 2023).
4. Infraestrutura e presença humana: incluem a superfície construída, a superfície terrestre e a intensidade da iluminação noturna. A presença de edificações e luzes noturnas indica áreas com maior concentração de atividades e população (ROMÁN et al., 2020; SILVA, 2023).

Segundo a análise de importância apresentada por Silva (2023), as variáveis que mais contribuíram para o protocolo utilizado foram a superfície construída, as faces de logradouros e a superfície antrópica. Em seguida, aparecem a superfície terrestre, a altitude e as tipologias de mobilidade.

Como a grade representa a distribuição populacional de 2010, verificou-se a permanência das principais características territoriais do município. Para isso, foram comparadas as estatísticas de uso e cobertura da terra de Santo Antônio do Pinhal em 2010 e 2025, disponibilizadas pela Coleção 11 do MapBiomas (MAPBIOMAS, 2026). A área urbanizada aumentou de 39,88 hectares em 2010 para 63,99 hectares em 2025. Apesar do crescimento relativo de 60,5%, essa classe passou de 0,30% para 0,48% da área municipal. As formações florestais, as pastagens e os mosaicos de uso permaneceram como as classes predominantes. A formação florestal passou de 7.137,11 para 7.414,24 hectares, enquanto as pastagens passaram de 4.063,57 para 3.840,70 hectares.

Esses dados mostram que ocorreram mudanças no uso e na cobertura da terra, mas não uma transformação generalizada da composição territorial. Além disso, parte das variáveis utilizadas pelo VALiN-POP apresenta pouca alteração ao longo do tempo, como altitude, declividade e superfície terrestre. As vias existentes e os principais núcleos de ocupação também tendem a orientar a continuidade da ocupação.

Com isso, a grade foi considerada adequada para representar o padrão geral de distribuição da população. Seu uso, porém, não pressupõe que os pesos de cada célula

tenham permanecido estáticos desde 2010. A comparação das áreas municipais também não permite identificar onde ocorreram as novas ocupações. Neste trabalho, a grade serviu apenas como referência para distribuir espacialmente a população total estimada por meio dos dados de RSU. Assim, os mapas devem ser interpretados como uma representação provável da pressão populacional, e não como uma localização exata da população em 2025.

2.7 Processamento no QGIS

O processamento foi realizado no QGIS, versão 3.44.11-Solothurn (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2026). Primeiro, a grade VALiN-POP foi recortada pelos limites municipais de Santo Antônio do Pinhal. Em seguida, foi utilizada a ferramenta Estatísticas da camada raster para calcular a soma dos valores das células contidas no município.

Os valores da grade foram usados como pesos relativos. Assim, cada célula representa uma parcela da população total presente no raster. Essa proporção foi mantida na distribuição dos valores estimados para 2025.

Para cada cenário, foi calculado um fator de ajuste:

$$\text{Fator (F)} = \frac{\text{pop que se pretende espacializar}}{\text{soma dos valores das células da grade original dentro do município}}$$

Depois, o valor de cada célula foi recalculado na Calculadora Raster do QGIS.

Foram elaborados dois cenários. O primeiro corresponde à população residente estimada para 2025 (IBGE, 2025). O segundo corresponde à população total equivalente estimada para janeiro de 2025, incluindo as populações residente e temporária.

O mesmo procedimento e a mesma matriz de pesos foram aplicados aos dois cenários. Dessa forma, foi mantida a distribuição espacial relativa da grade VALiN-POP, enquanto a soma das células foi ajustada ao total populacional de cada cenário.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Após o processamento, a ferramenta “Estatísticas da camada raster” foi utilizada novamente para verificar a soma das células em cada cenário. A conferência confirmou a correspondência entre os valores espacializados e os totais populacionais estimados. Como cada célula possui 100×100 metros, os resultados foram expressos em habitantes por pixel. Os mapas foram elaborados com a mesma escala e a mesma classificação, permitindo a comparação entre os dois cenários.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Limitações das estimativas de população temporária utilizadas no Plano de Bacia

A análise documental mostrou que os três municípios usaram procedimentos diferentes. Campos do Jordão apresentou uma série mensal de visitantes, enquanto São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal não dispunham desse acompanhamento. A diferença impediu a comparação direta da sazonalidade pelas fontes existentes.

Campos do Jordão apresentou a base com maior detalhamento temporal. O Plano de Bacia usou dados mensais do Observatório do Turismo, projeções de visitantes e tempo de permanência. Entretanto, as permanências iguais ou superiores a cinco dias foram reunidas em uma única categoria, o que limitou a conversão do fluxo acumulado em população média presente (CBH-SM, 2026).

São Bento do Sapucaí não dispunha de série histórica mensal de visitantes. A estimativa do Plano de Bacia foi obtida no Plano Municipal de Saneamento Básico Específico e adotou o número de leitos e os domicílios de uso ocasional. O procedimento representou a capacidade de alojamento, mas não sua ocupação, e desconsiderou os excursionistas (CBH-SM, 2026). O Plano Diretor de Turismo converteu 150 mil visitantes registrados em 2019, com permanência média de três dias, em 1.250 habitantes equivalentes. Essa média anual não permitiu identificar os picos mensais do município (SÃO BENTO DO SAPUCAÍ, 2023).

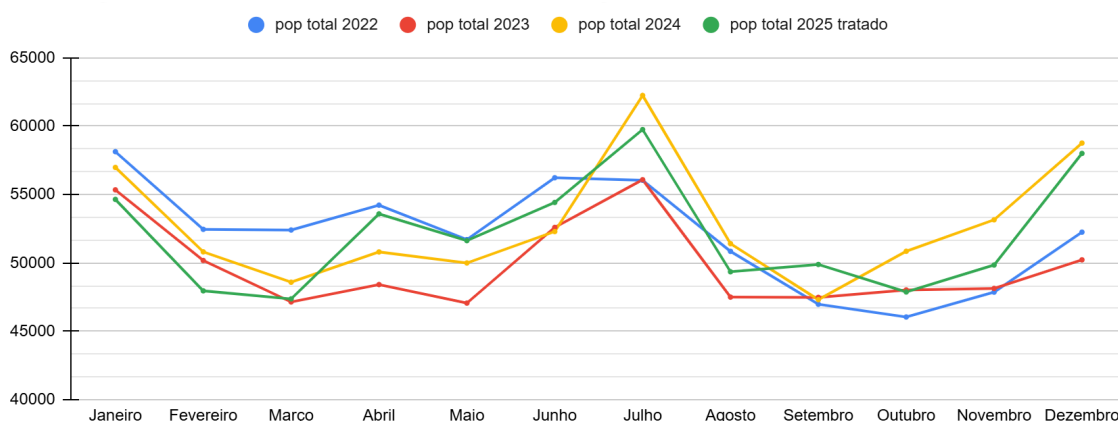
Santo Antônio do Pinhal apresentou 20.128 visitantes registrados em 2022 e 1.963 leitos. O Plano de Bacia não apresentou uma série mensal nem a ocupação efetiva desses leitos. Assim, os dados indicaram capacidade de recepção, mas não a população presente em cada mês (CBH-SM, 2026).

Os principais gargalos foram a falta de padronização, o uso da capacidade de hospedagem como aproximação da ocupação e a ausência de séries mensais em São Bento do Sapucaí e Santo Antônio do Pinhal.

3.2 População estimada em Campos do Jordão

A Figura 1 apresenta a população total equivalente estimada em Campos do Jordão entre 2022 e 2025. As curvas concentraram os maiores valores em janeiro, julho e dezembro. A leitura conjunta permite comparar a intensidade dos picos e a repetição do padrão sazonal entre os anos.

Figura 1 - População total estimada mensalmente pela *proxy* de RSU em Campos do Jordão, entre 2022 e 2025. A série de 2025 considera o valor tratado de dezembro.



Fonte: Elaboração própria com base em dados da Terra Campos Ambiental, da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Campos do Jordão e do IBGE.

A Tabela 8 sintetiza as médias anuais e permite compará-las com a população residente. Foram estimados 52.096 habitantes em 2022, 49.847 em 2023, 52.765 em 2024 e 52.025 em 2025. O maior valor mensal ocorreu em julho de 2024, com 62.242 habitantes, 14.259 acima da população residente. Em julho de 2025, foram estimados 59.748 habitantes, acréscimo de 24,59%.

Tabela 8 - Estimativa da população média anual de CJ usando RSU como *proxy* e população residente.

	2022	2023	2024	2025
população total média	52.096	49.847	52.765	52.025
população residente	46.974	47.479	47.983	47.956

Fonte: Elaboração própria e IBGE.

Os resultados foram compatíveis com a sazonalidade turística de Campos do Jordão. Janeiro e dezembro coincidiram com as férias de verão e as festas de fim de ano. Julho correspondeu à temporada de inverno e concentrou o maior movimento mensal nas séries analisadas.

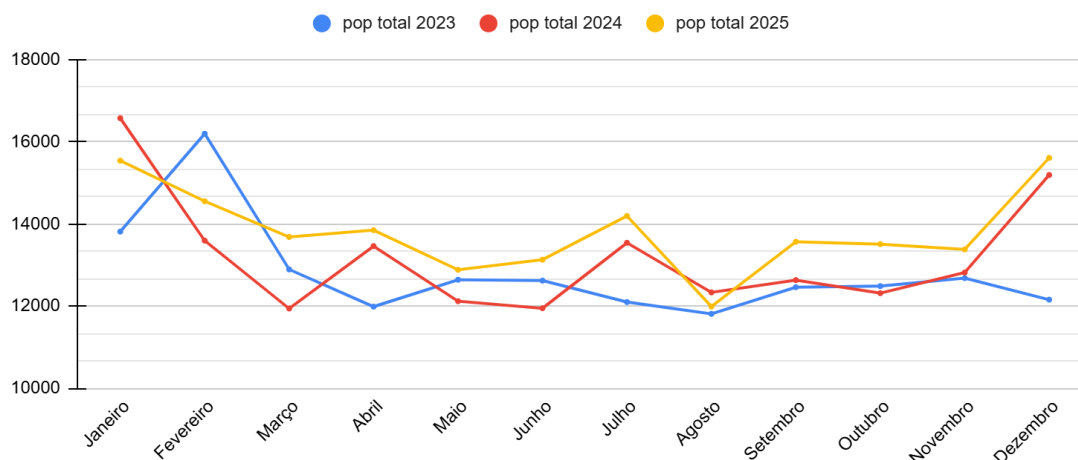
A média elevada de 2022 pode estar relacionada, em parte, aos efeitos da pandemia sobre o trabalho remoto. Em novembro de 2020, 13,1% da população ocupada no estado de São Paulo trabalhava remotamente (GÓES; MARTINS; NASCIMENTO, 2022). Essa possibilidade permitiu que algumas pessoas permanecessem por períodos mais longos fora dos grandes centros urbanos.

Essa relação deve ser entendida como uma hipótese. Os dados de RSU não permitem identificar a origem das pessoas nem separar turistas, moradores temporários e usuários de segunda residência. Além disso, a maior média da série ocorreu em 2024. Portanto, a pandemia pode ter contribuído para o resultado de 2022, mas não explica sozinho o comportamento observado.

3.3 População estimada em São Bento do Sapucaí

A Figura 2 apresenta as estimativas mensais de São Bento do Sapucaí e evidencia a diferença entre o pico de fevereiro de 2023 e o padrão dos dois anos seguintes. A Tabela 9 sintetiza as médias anuais: 12.820 habitantes em 2023, 13.205 em 2024 e 13.823 em 2025. O ano de 2022 foi mantido apenas na figura para mostrar a série disponível, mas não integrou a estimativa consolidada devido à limitação de calibração descrita na metodologia.

Figura 2 - População total estimada mensalmente pela *proxy* de RSU em São Bento do Sapucaí, entre 2023 e 2025.



Fonte: elaboração própria com base no Relatório Anual de Manifestos e Quantidades Recebidas da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de SBS.

Tabela 9 - Estimativa da população média anual de SBS usando RSU como *proxy* e população residente.

	2023	2024	2025
população residente	11.811	11.948	11.989
população total média	12820	13205	13823

Fonte: Elaboração própria e dado do IBGE.

Em 2023, observou-se um comportamento diferente dos anos seguintes. O maior valor ocorreu em fevereiro, com aproximadamente 16.194 habitantes equivalentes, enquanto janeiro, julho e dezembro não apresentaram a mesma concentração observada em 2024 e 2025. O aumento de fevereiro coincide com a retomada do Carnaval “Tem Folia na Montanha” após dois anos de interrupção. O Carnaval é um dos principais eventos culturais de São Bento do Sapucaí (SÃO BENTO DO SAPUCAÍ, 2023) e, em 2023, contou com programação entre os dias 17 e 21 de fevereiro. Assim, o pico parece estar associado à pressão excepcional produzida pelo evento, e não necessariamente a uma inconsistência nos registros.



O comportamento de 2023 também pode ter sido influenciado pela retomada do turismo após a pandemia, mas não foram encontrados dados que permitam confirmar essa relação. Portanto, essa possibilidade deve ser tratada apenas como hipótese. Também não é possível atribuir a diferença exclusivamente ao turismo de aventura, pois esse perfil turístico permanece presente nos anos seguintes.

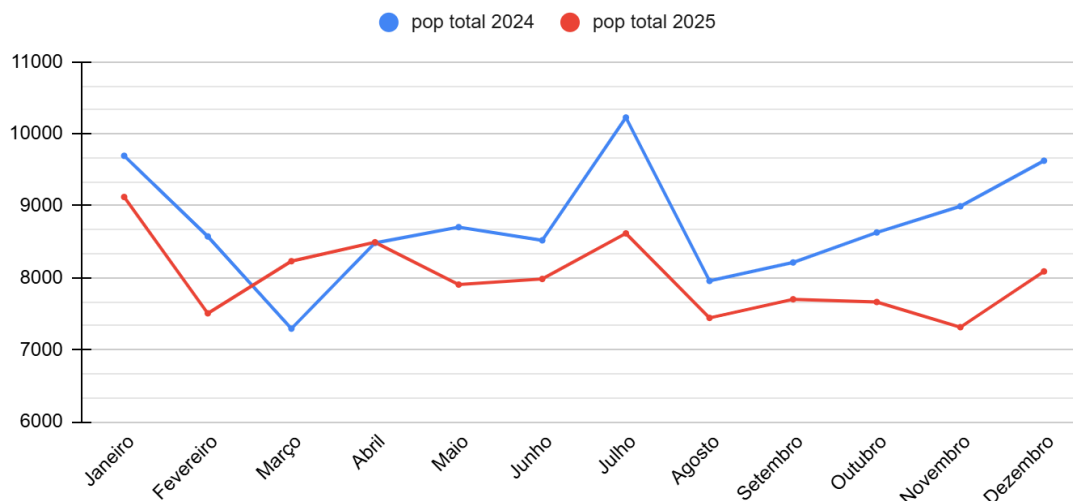
Em 2024 e 2025, a distribuição mensal se aproximou do padrão de Campos do Jordão. Em 2024, janeiro atingiu aproximadamente 16.572 habitantes e foi seguido por julho e dezembro. Em 2025, dezembro alcançou cerca de 15.607 habitantes, seguido por janeiro e julho. Os dois anos concentraram os maiores valores nos períodos de férias escolares.

Embora exista essa aproximação, a sazonalidade de São Bento do Sapucaí é menos concentrada do que a de Campos do Jordão. O município recebe visitantes ao longo de todo o ano e possui uma oferta diversificada, formada por ecoturismo, turismo rural, turismo de aventura, atividades culturais e eventos. O Plano Diretor de Turismo destaca janeiro, fevereiro, maio, julho, setembro, dezembro e os feriados prolongados como períodos de maior visitação (SÃO BENTO DO SAPUCAÍ, 2023). Essa diversidade ajuda a explicar as oscilações observadas fora das temporadas tradicionais de verão e inverno. Os registros mensais revelaram variações que não seriam identificadas por estimativas anuais baseadas somente em leitos e domicílios de uso ocasional.

3.4 População estimada em Santo Antônio do Pinhal

A Figura 3 apresenta as estimativas mensais de Santo Antônio do Pinhal e permite comparar a posição dos picos de 2024 e 2025. A Tabela 10 reúne as médias anuais: 8.743 habitantes em 2024, valor 19,87% superior aos 7.294 residentes, e 8.006 habitantes em 2025, acréscimo de 9,46% em relação aos 7.314 residentes.

Figura 3 - População total equivalente estimada mensalmente em Santo Antônio do Pinhal, em 2024 e 2025.



Fonte: Elaboração própria com base em dados do Portal da Transparência Municipal de Santo Antônio do Pinhal.

Tabela 10 - Estimativa da população média anual de Santo Antônio do Pinhal usando RSU como *proxy* e população residente.

	2024	2025
população total média	8.743	8.006
população residente	7.294	7.314

Fonte: Elaboração própria e dado do IBGE.

O maior valor de 2024 ocorreu em julho, quando a população total equivalente chegou a aproximadamente 10.227 habitantes, cerca de 40% acima da população residente. Em 2025, o maior valor ocorreu em janeiro, com 9.123 habitantes, dos quais 1.809 correspondem à população temporária equivalente.

Apesar da diferença entre os picos, as duas séries mostraram aumento em janeiro, julho e dezembro. O padrão se aproximou do observado em Campos do Jordão, mas os dados de RSU não permitiram identificar a origem, a hospedagem ou o deslocamento das pessoas. A interpretação se restringiu, portanto, à variação da população equivalente presente.



Em dezembro de 2025, a população equivalente de Santo Antônio do Pinhal voltou a crescer, coincidindo com uma temporada natalina excepcional em Campos do Jordão. Segundo Campos do Jordão (2026), entre 31 de outubro de 2025 e 12 de janeiro de 2026, seu “Natal dos Sonhos” recebeu 1,48 milhão de turistas. A ocupação da rede hoteleira cresceu 18,46% em relação à temporada de Natal de 2024, enquanto a frequência em bares e restaurantes aumentou 16% (CAMPOS DO JORDÃO, 2026). Esse movimento regional pode ter contribuído para o aumento da população presente em Santo Antônio do Pinhal no final de 2025, embora não seja possível estabelecer uma relação causal direta.

A população total média estimada em 2024 foi superior à de 2025. Esse resultado é contra intuitivo, pois a massa de resíduos destinada em 2025 foi maior. Foram registradas aproximadamente 2.055,62 toneladas em 2025, contra 1.841,03 toneladas em 2024, um aumento de 11,66%.

A diferença decorre principalmente da taxa per capita utilizada no cálculo. Em 2024, foi adotada a taxa de 0,575 kg/hab.dia, enquanto em 2025 ela aumentou para 0,703 kg/hab.dia. Como essa taxa está no denominador da equação, seu aumento reduz a população equivalente estimada. Comportamento semelhante ocorreu em Campos do Jordão, onde a massa anual de resíduos também aumentou entre 2024 e 2025, mas a população média calculada apresentou pequena redução após o aumento da taxa per capita.

A média menor de 2025 não indicou redução do turismo ou da população temporária. O resultado mostrou que a comparação anual foi sensível à calibração adotada. As estimativas foram mais consistentes para identificar os meses de maior pressão dentro de cada ano, e as duas séries de Santo Antônio do Pinhal registraram aumento nas férias de verão e de inverno.

3.5 Relação entre o fluxo turístico e a geração de RSU em Campos do Jordão

Para verificar se a geração de RSU acompanha a sazonalidade turística de Campos do Jordão, foram comparadas as séries mensais da massa de resíduos

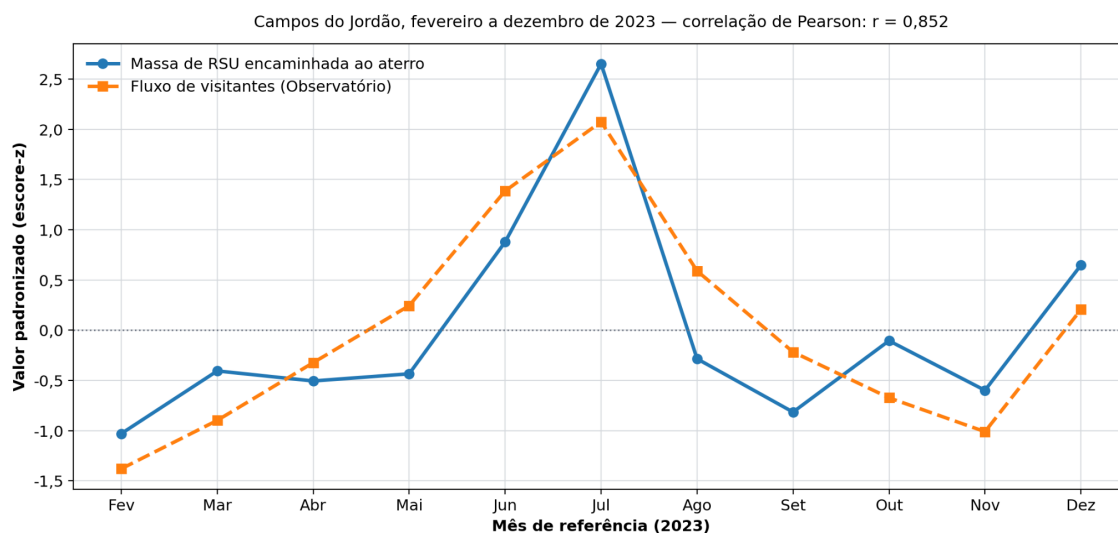


encaminhada ao aterro e do fluxo de visitantes registrado pelo Observatório de Turismo. Como as variáveis possuem unidades e amplitudes diferentes, ambas foram padronizadas pelo escore-z. Isso permitiu sua representação em uma mesma escala e a comparação direta de seus comportamentos ao longo do ano.

A análise considerou o período de fevereiro a dezembro de 2023. Janeiro não foi incluído por apresentar comportamento discrepante, com elevada massa de RSU diante de um fluxo de visitantes relativamente menor. Essa diferença pode estar relacionada à coleta de resíduos acumulados durante as festas de fim de ano, ao maior tempo de permanência dos visitantes ou à ocupação de residências de uso ocasional. Como não foi possível confirmar a causa, a retirada de janeiro deve ser entendida como um recorte para avaliar o comportamento das séries nos demais meses, e não como evidência de erro no registro.

Após a padronização, as duas curvas apresentaram trajetórias semelhantes (Figura 4). Ambas cresceram até julho, diminuíram nos meses seguintes e voltaram a subir em dezembro. A correlação de Pearson foi de $r = 0,852$. Esse valor indicou associação positiva entre o fluxo de visitantes e a massa de RSU, sem demonstrar relação causal.

Figura 4 - Variação mensal padronizada do fluxo de visitantes e da massa de RSU encaminhada ao aterro em Campos do Jordão, de fevereiro a dezembro de 2023. As séries foram padronizadas pelo escore-z. A correlação de Pearson foi de $r = 0,852$.



Fonte: Elaboração própria com base em dados do Observatório de Turismo de Campos do Jordão (2023) e nos registros de RSU encaminhado ao aterro sanitário.

3.6 Comparação entre os municípios

A comparação mostrou que Campos do Jordão apresentou os maiores valores absolutos. Santo Antônio do Pinhal, município com a menor população residente, registrou o maior aumento proporcional, de aproximadamente 40% em julho de 2024. São Bento do Sapucaí ocupou uma posição intermediária e apresentou distribuição mensal menos concentrada.

Apesar das diferenças, os três municípios apresentaram aumento da população nos períodos de férias, principalmente em janeiro, julho e dezembro. Esse padrão é mais evidente em Campos do Jordão e Santo Antônio do Pinhal, possivelmente pela proximidade e integração turística entre as duas cidades. Em São Bento do Sapucaí, a



sazonalidade é mais distribuída ao longo do ano e também sofre influência de eventos locais, como o pico observado durante o Carnaval de 2023.

Os resultados indicaram uma dinâmica regional com intensidades distintas. A mesma *proxy* permitiu comparar meses e municípios e revelou períodos que não aparecem nas médias anuais ou na capacidade de hospedagem. A comparação entre anos permaneceu limitada pelas mudanças nas taxas per capita utilizadas em cada cálculo.

3.7 Distribuição espacial da população em Santo Antônio do Pinhal

A Figura 5 compara a distribuição da população residente, de 7.314 habitantes, com o cenário de janeiro de 2025, de 9.123 habitantes. O mapa da direita indicou aumento no núcleo urbano e nos eixos de ocupação, mantendo o padrão espacial da grade de referência.

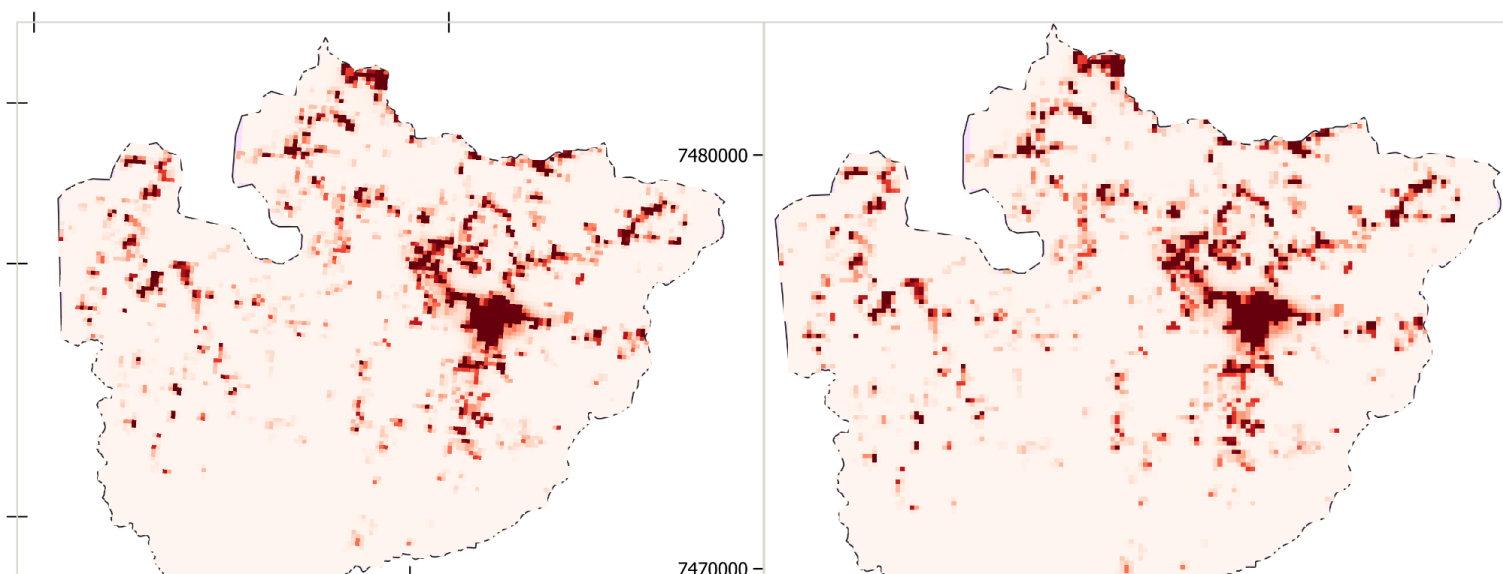
Figura 5 - Distribuição espacial da população residente e da população total equivalente estimada em Santo Antônio do Pinhal, em 2025.

População residente e população total de Santo Antônio do Pinhal, SP, Brasil

Habitantes por pixel (100x100m)

População SAP, jan 2025

Banda 1 (Gray)



Gradiente da população residencial de 2025 de SAP, 7314 habitantes.

Gradiente da população total (residencial + temporária) de janeiro de 2025 usando a proxy de RSU, 9123 habitantes.

0 1 2 km



07/09/2026

- Metodologia: Mapeamento dasimétrico de redistribuição espacial por matriz de pesos populacionais. O raster original de 2010 foi atualizado via Calculadora Raster (fator de escala proporcional) para a estimativa populacional de janeiro de 2025 (residencial + temporária).
- Fonte da Grade de Base: Silva, D. M., Anazawa, T. M., & Vieira Monteiro, A. M. (2023). VALIN-POP: A New Population Grid for the Metropolitan Region of the Paraíba Valley and Northern Litoral, SP, Brazil [Figure]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10140007>
- Sistema de Referência (SRC): SIRGAS 2000 / UTM zone 23S (EPSG:31983).
- Unidade Espacial: Células/Pixels de 100 x 100 m (1 ha).
- Elaboração Cartográfica: Karina Tatit von Schaaffhausen Vitale (2026).

Fonte: Elaboração própria com base em Silva (2023), IBGE (2025) e na estimativa por RSU.

Essa semelhança decorre do método adotado. A população adicional estimada pela geração de RSU foi distribuída proporcionalmente pela mesma matriz de pesos utilizada para a população residente. Portanto, o mapa não identifica os locais efetivamente ocupados pela população temporária, como pousadas, imóveis de temporada e segundas residências. Ele representa um cenário de redistribuição da



população total estimada e permite visualizar o aumento potencial da pressão sobre as áreas já ocupadas.

A diferença de 1.809 habitantes produziu aumento nos valores das células já ocupadas. O resultado representou a intensificação do padrão existente e não a localização observada dos visitantes.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 Conclusões e contribuições do estudo

O estudo identificou picos de população equivalente em janeiro, julho e dezembro e mostrou que os impactos proporcionais foram maiores nos municípios menores. Campos do Jordão atingiu o maior valor absoluto, com 62.242 habitantes em julho de 2024. No mesmo mês, Santo Antônio do Pinhal alcançou 10.227 habitantes, cerca de 40% acima da população residente.

O uso dos RSU incorporou indiretamente excursionistas, usuários de imóveis de temporada e visitantes não registrados pelos meios de hospedagem. O procedimento usou séries já produzidas pelas administrações municipais e estabeleceu uma base comum de comparação. Essa característica reduz a necessidade de levantamentos contínuos de fluxo turístico em municípios com equipes e recursos financeiros limitados.

A espacialização do cenário de alta temporada acrescentou a distribuição territorial ao total municipal. O mapa não localizou os visitantes, mas indicou onde o acréscimo populacional intensificaria a ocupação representada pela grade dasimétrica. Como Santo Antônio do Pinhal ainda não possui Plano Diretor, o produto poderá apoiar o diagnóstico de uso do solo, infraestrutura e capacidade dos serviços públicos.

4.2 Limitações

Uma limitação do estudo a ser considerada está na premissa de que residentes e população temporária apresentam a mesma geração per capita de resíduos. Esse valor pode variar conforme o perfil dos visitantes, o tempo de permanência, o consumo em estabelecimentos comerciais e os hábitos de descarte.

A escolha de um mês de referência também produz incerteza, pois pode existir população temporária mesmo nos períodos de menor movimento. Além disso,



mudanças nas taxas anuais de geração per capita e nas rotinas de coleta dificultam a comparação entre anos.

Na espacialização, a população temporária foi distribuída pela mesma matriz de pesos da população residente. Portanto, o mapa representa um cenário de intensificação da ocupação existente, e não a localização efetiva dos visitantes.

4.3 Trabalhos futuros

Trabalhos futuros poderão utilizar dados em uma escala temporal mais detalhada, substituindo ou complementando os registros mensais por dados diários de geração de RSU. Essa abordagem permitirá identificar com maior precisão os efeitos de feriados, finais de semana, eventos e períodos específicos de alta visitação, que podem ser diluídos nas médias mensais. Também poderão ser calibradas taxas de geração per capita específicas para residentes, turistas, excursionistas e estabelecimentos comerciais, reduzindo as incertezas do modelo.

Para aperfeiçoar o mapeamento dasimétrico, recomenda-se empregar variáveis espaciais mais recentes e incorporar meios de hospedagem, imóveis de uso ocasional, locações por temporada, atrativos turísticos e estabelecimentos comerciais. A análise espacial poderá ser ampliada para São Bento do Sapucaí e Campos do Jordão, permitindo comparar a distribuição da população total estimada em toda a UGRHI-1. Outra possibilidade é usar o mapeamento dasimétrico como base para treinar modelos de aprendizado de máquina (*Machine Learning*) associados a variáveis territoriais e cenários futuros (HUSSAINZADA et al., 2026). Essa abordagem permitiria projetar tendências de crescimento e de distribuição espacial da população, indicando áreas de maior pressão sobre a infraestrutura e os serviços públicos.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Cadernos de capacitação em recursos hídricos**: volume 3. Brasília, DF, 2013.

ANAZAWA, T. M.; MONTEIRO, A. M. V. **Tipologias de mobilidade para a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN)**. [Conjunto de dados]. Zenodo, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7097182>. Acesso em: 5 set. 2026.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento. Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA). **Diagnóstico de Água e Esgoto 2024**. Brasília: Ministério das Cidades, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa>. Acesso em: 1 set. 2026.

BREIMAN, L. Random forests. **Machine Learning**, Dordrecht, v. 45, p. 5–32, 2001.

CAMPOS, C. et al. Tool for greener tourism: evaluating environmental impacts. **Sustainability**, Basel, v. 17, n. 8, art. 3476, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su17083476>. Acesso em: 5 set. 2026.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA (CBH-SM). **Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI-1**: ano-base 2023. São Paulo, 2024.

COMITÊ DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA SERRA DA MANTIQUEIRA (CBH-SM). **Revisão e atualização do Plano de Bacias Hidrográficas da Serra da Mantiqueira – UGRHI-1 para o quadriênio 2024–2027**. São Paulo, 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos**: faces de logradouros. Rio de Janeiro, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos**: endereços de estabelecimentos agropecuários. Rio de Janeiro, 2021.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2022**: população e domicílios. Rio de Janeiro, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente nos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2025**. Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2025/POP2025_20251031.pdf. Acesso em: 5 set. 2026.

MAPBIOMAS. **Algorithm Theoretical Basis Document**: Collection 7.1. São Paulo, 2022.

MAPBIOMAS. **Estatísticas de cobertura e uso da terra por municípios**: Coleção 11. São Paulo, 2026. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/estatisticas/>. Acesso em: 5 set. 2026.

MENNIS, J.; HULTGREN, T. Intelligent dasymetric mapping and its application to areal interpolation. **Cartography and Geographic Information Science**, [S.l.], v. 33, n. 3, p. 179–194, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1559/152304006779077309>. Acesso em: 5 set. 2026.

OPENSTREETMAP CONTRIBUTORS. **OpenStreetMap**. [S.l.], 2026. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org>. Acesso em: 25 ago. 2026.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**: versão 3.44.11-Solothurn. [S.l.]: QGIS Association, 2026. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 25 ago. 2026.

REGEA – GEOLOGIA, ENGENHARIA E ESTUDOS AMBIENTAIS. **Revisão e atualização dos estudos de fundamentação da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica da Serra da Mantiqueira**. São Paulo, 2025.

ROMÁN, M. O. et al. **Black Marble User Guide**: version 1.1. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration, 2020.

SÁNCHEZ-GALIANO, J. C.; MARTÍ-CIRQUIÁN, P.; FERNÁNDEZ-ARACIL, P. Temporary population estimates of mass tourism destinations: the case of Benidorm. **Tourism Management**, [S.l.], v. 62, p. 234–240, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2017.04.012>. Acesso em: 5 set. 2026.



SANTO ANTÔNIO DO PINHAL. **Portal da Transparência Municipal**: execução detalhada das despesas com a Orizon Tremembé Ambiental S.A., exercícios de 2024 e 2025. Santo Antônio do Pinhal, 2026.

SÃO BENTO DO SAPUCAÍ. **Plano Diretor de Turismo de São Bento do Sapucaí**. São Bento do Sapucaí, 2023.

SÃO BENTO DO SAPUCAÍ. Prefeitura Municipal. **Depois de dois anos de espera, o Carnaval Tem Folia na Montanha está de volta**. São Bento do Sapucaí, 2023.

Disponível em:

<https://www.facebook.com/prefeiturasbsapucaí/posts/2362260400604259/>. Acesso em: 7 set. 2026.

SÃO BENTO DO SAPUCAÍ. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Relatório anual de manifestos e quantidades recebidas**: consolidado de 2022 a 2026. São Bento do Sapucaí, 2026.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 70.449, de 10 de março de 2026**. Institui o Distrito Turístico Alto da Mantiqueira e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo: seção Executivo 1, São Paulo, ano 136, n. 47, p. 36, 11 mar. 2026.

SILVA, D. M. **VALiN-POP**: uma nova grade populacional para a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, SP. 2023. 143 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2023. Disponível em: <http://mtc-m21d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21d/2023/10.19.20.37/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 5 set. 2026.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**. São Paulo, 2018.

TERRA CAMPOS AMBIENTAL. **Relatório de coleta de rejeito domiciliar de Campos do Jordão**: 2020–2026. Dados cedidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Campos do Jordão. Campos do Jordão, 2026.

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 300–309, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.004>. Acesso em: 5 set. 2026.



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

WRIGHT, J. K. A method of mapping densities of population: with Cape Cod as an example. **Geographical Review**, [S.l.], v. 26, n. 1, p. 103–110, 1936. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/209467>. Acesso em: 5 set. 2026.