

## DESENVOLVIMENTO DE SOLUÇÃO DE GEOINFORMAÇÃO ABERTA VOLTADA AO PLANEJAMENTO DA ATUALIZAÇÃO CADASTRAL DE UMA CIDADE PEQUENA

**Arthur Duarte Vieira**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Instituto de Geografia  
Monte Carmelo, MG, Brasil  
[arthurduarte.eac@gmail.com](mailto:arthurduarte.eac@gmail.com)

**Gabriele Silveira Camara**

Universidade Federal do Paraná – UFPR, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas  
Curitiba, PR, Brasil  
[camaragabriele@gmail.com](mailto:camaragabriele@gmail.com)

**João Vitor Meza Bravo**

Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Instituto de Geografia  
Uberlândia, MG, Brasil  
[jvbravo@gmail.com](mailto:jvbravo@gmail.com)

**Silvana Philippi Camboim**

Universidade Federal do Paraná – UFPR, Departamento de Geomática  
Curitiba, PR, Brasil  
[silvanacamboim@gmail.com](mailto:silvanacamboim@gmail.com)

### RESUMO

No Brasil as cidades pequenas são as mais afetadas com a desatualização ou a inexistência de informações cadastrais das unidades imobiliárias. Geralmente, a avaliação e a tributação da terra nas cidades pequenas tem defasagem, pois as prefeituras normalmente não têm recursos para realizar atualizações constantes em suas bases cartográficas. Desse modo, neste trabalho desenvolveu-se uma solução de geoinformação aberta, voltada ao planejamento da atualização cadastral de uma cidade pequena, visando contribuir com o processo de avaliação e tributação de terra em ambiente urbano. Para tanto, selecionou-se Monte Carmelo, uma cidade pequena localizada no Estado de Minas Gerais, como estudo de caso. A intenção foi desenvolver uma ferramenta capaz de realizar o cálculo do Imposto sobre Propriedade Predial e Territorial Urbano (IPTU) utilizando 1) dados desatualizados da Prefeitura Municipal e 2) dados do *OpenStreetMap*. Os resultados mostraram que é possível utilizar dados abertos para se estimar os valores de impostos sobre as propriedades urbanas, quando não há geoinformação oficial disponível. Essa abordagem mostrou que é viável a criação de uma ferramenta no ambiente QGIS, de código aberto e reproduzível, capaz de apoiar gestores urbanos no processo de tomada de decisão no contexto de uma cidade pequena.

**Palavras-chave:** Cadastro Técnico Multifinalitário. IPTU. Gestão Territorial. Informação Geográfica Voluntária. Mapeamento Colaborativo.

### DEVELOPMENT OF AN OPEN GEOINFORMATION SOLUTION FOR PLANNING THE UPDATE OF THE REGISTRATION OF A SMALL TOWN

### ABSTRACT

In Brazil, small cities are the most affected by the outdated or non-existence of cadastral information on real estate units. Generally, the assessment and taxation of land in small towns is outdated, as city halls usually do not have the resources to carry out constant updates to their cartographic bases. Thus, in this work, an open geoinformation solution was developed, aimed at planning the cadastral update of a small town, aiming to contribute to the process of evaluation and taxation of land in an urban environment. For that, Monte Carmelo, a small town located in the State of Minas Gerais, was selected as a case study. The intention was to develop a tool capable of calculating the Property Tax and Urban Territorial Property (IPTU) using 1) outdated data from the City Hall and 2) data from *OpenStreetMap*. The results showed that it is possible to use open data to estimate the values of taxes on urban properties,

when there is no official geoinformation available. This approach showed that it is feasible to create a tool in the QGIS environment, open source and reproducible, capable of supporting urban managers in the decision-making process in the context of a small town.

**Keywords:** Multipurpose Technical Registry. IPTU Territorial Management. Voluntary Geographic Information. Collaborative Mapping.

## INTRODUÇÃO

O mapeamento oficial brasileiro apresenta-se de forma desigual e desatualizada nas diferentes regiões do país, com especial defasagem na produção de dados em escalas grandes (LISBOA, 1971; SLUTER et al., 2018). Esse é um problema antigo e inerente à gestão de um território com dimensões continentais, associando-se a um cenário de escassez de investimentos governamentais na cartografia nacional (BARRETO, 1970;; LISBOA, 1971; ESTES e MOONEYHAN, 1994; CAMBOIM; BRAVO; SLUTER, 2015;; SLUTER et al., 2020; SILVA et al., 2021). Quando se observa as regiões nas quais se tem cidades de pequeno porte, esse cenário é ainda pior (CAMBOIM; BRAVO; SLUTER, 2015; SLUTER et al., 2018; MACHADO e CAMBOIM, 2019;).

Para a gestão eficiente e inteligente das cidades, é necessário ter geoinformação produzida na velocidade e na escala com as quais os fenômenos citadinos modificam a paisagem da urbe (MARSHALL, 2012; BUHAUG e URDAL, 2013). Por exemplo, o Cadastro Territorial é um campo relacionado à gestão das cidades que depende de dados atualizados e, na falta desses elementos, os gestores ficam impedidos de planejar e tomar importantes decisões sobre o ordenamento urbano (CARNEIRO e MIRANDA, 2020; SILVA et al., 2021). Além disso, essa defasagem de informações espaciais, principalmente em cidades pequenas, gera uma lacuna de arrecadação que potencializa a desigualdade e impossibilita a gestão eficiente do território urbano (CARNEIRO e MIRANDA, 2020; SILVA et al., 2021). Desse modo, é possível afirmar que a escassez de dados geográficos afeta o planejamento urbano e a gestão de políticas públicas voltadas à administração territorial das cidades pequenas brasileiras.

Em paralelo, o surgimento das aplicações de geoinformação formuladas segundo os conceitos da web 2.0, possibilitou que indivíduos sem educação formal em Cartografia pudessem gerar informações geográficas, voluntariamente (GOODCHILD, 2007; GRIFFIN e FABRIKANT, 2012; HAKLAY, 2012; NEWMAN et al., 2016). Desse modo, os dados do mapeamento colaborativo tornaram-se alternativas para se suprir a necessidade de atualização das bases cartográficas oficiais (CAMBOIM; BRAVO; SLUTER, 2015; OLTEANU-RAIMOND et al., 2017). Na literatura, destaca-se o *OpenStreetMap* (OSM) como exemplo de plataforma de mapeamento colaborativo que contém dados abertos que podem complementar as bases oficiais e, por essa razão, utilizamos o OSM na construção da solução de geoinformação nesse trabalho.

Importante distinguir, no contexto desse artigo, é que o mapeamento topográfico (escalas menores ou iguais a 1:25.000) é de responsabilidade da federação e serve para qualquer atividade da sociedade desenvolvida em território nacional (SLUTER et al., 2020). O mapeamento cadastral (escala 1:10.000 ou maiores) segue a estrutura organizacional descrita em detalhes por (SILVA et al., 2021), especialmente vinculada aos municípios, no caso do cadastro urbano. Aqui entendemos que o mapeamento cadastral serve à representação legal dos limites entre propriedades (MACHADO e CAMBOIM, 2019). Se existem lacunas no mapeamento topográfico oficial - oriundas da falta de investimento na concepção de um mapeamento nacional consolidado e em todas as escalas - é natural que tal problema se estenda ao mapeamento cadastral.

Nesse sentido, neste artigo apresenta-se uma solução de geoinformação aberta voltada ao planejamento da atualização cadastral de uma cidade pequena, visando contribuir com o processo de avaliação e tributação de terras. Ressalta-se que, no Brasil, é comum que os municípios mantenham o mapeamento cadastral para fins de cobrança fiscal (CABRAL et al., 2020), especialmente para cobrança de impostos como o Imposto sobre Propriedade Predial e Territorial Urbano (IPTU). Dessa forma, considerando a lacuna de geoinformação para a correta manutenção do cadastro urbano e a lacuna de soluções tecnológicas que auxiliem os gestores de cidades pequenas no processo de ordenamento territorial, neste artigo demonstra-se a viabilidade do desenvolvimento de uma ferramenta computacional aberta, de modo a potencializar o uso de soluções semelhantes e de baixo-custo na rotina de planejamento de cidades pequenas.

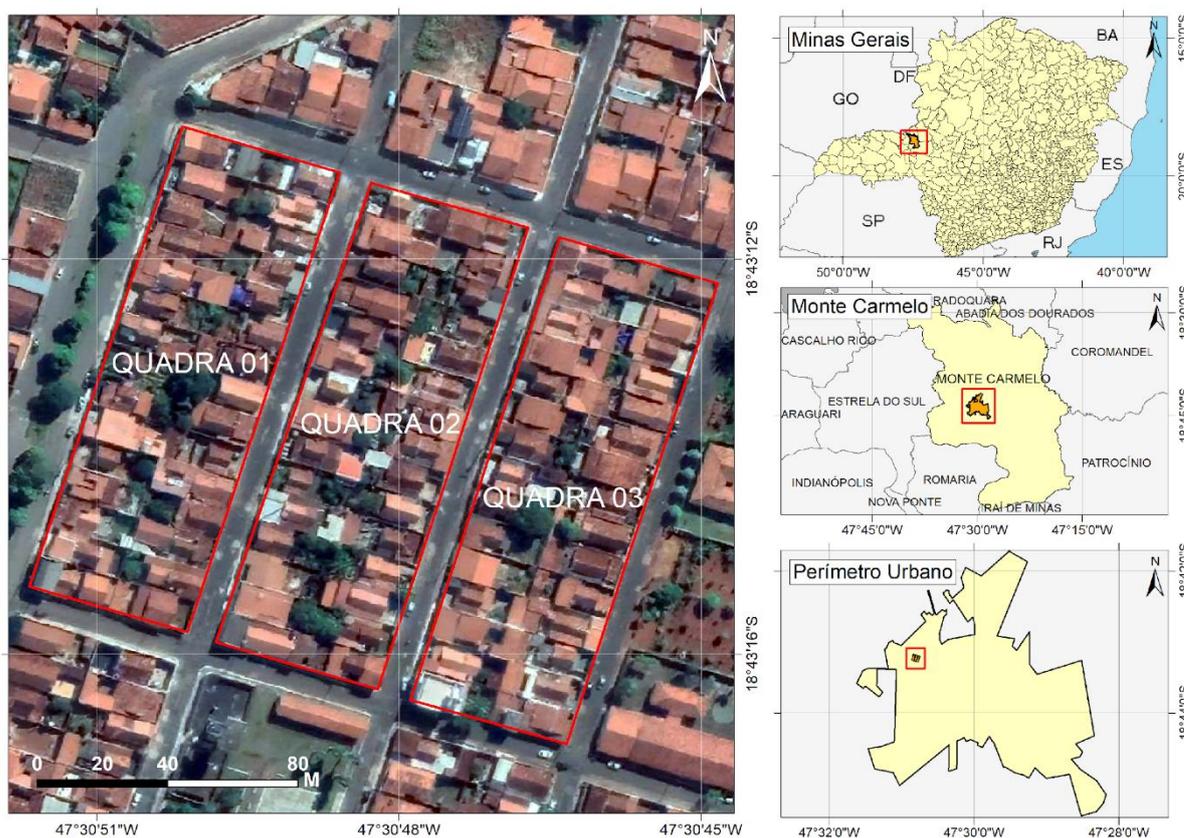
Dessa maneira, desenvolveu-se esse trabalho por meio de um estudo de caso, a saber, uma área dentro do perímetro urbano de Monte Carmelo, em Minas Gerais - Brasil, apresentada no próximo item. Nesse trabalho catalogaram-se as variáveis - da legislação local - que permitem o cálculo do IPTU. Desenvolveu-se o sistema de geoinformação adaptando as variáveis da legislação aos processos de análise

de dados espaciais e calcularam-se os valores do tributo automaticamente. Para verificar o potencial de estimativa mediante o uso de dados espaciais livres, calculou-se o IPTU e comparou-se os valores advindos do uso de duas bases de dados diferentes, a saber: a base de dados da Prefeitura Municipal de Monte Carmelo (desatualizada em quase 25 anos) e uma base composta por dados do *OpenStreetMap* (atualizada por colaboradores da plataforma). Nos próximos tópicos serão apresentados detalhadamente a área de estudo, o desenvolvimento da solução e os resultados do teste comparativo.

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo encontra-se no município brasileiro de Monte Carmelo, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais, região sudeste do Brasil (Figura 1). Monte Carmelo tem uma população estimada de 47.931 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020. É uma cidade pequena, segundo os parâmetros numéricos fornecidos por Brennan, Hackler e Hoene (2005). Selecionaram-se três quadras de ocupação consolidada para se testar a solução desenvolvida, considerando-se o período no qual se realizou o último levantamento cadastral pela Prefeitura Municipal (novembro de 1997).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte - IBGE, 2021. Elaboração: Os autores, 2021.

Outro fator determinante na escolha da área foi a heterogeneidade da tipologia construtiva das unidades imobiliárias, tornando esse local relevante à aplicação no contexto do desenvolvimento da ferramenta. Nos próximos itens explica-se com detalhes as etapas do desenvolvimento da solução de geoinformação.

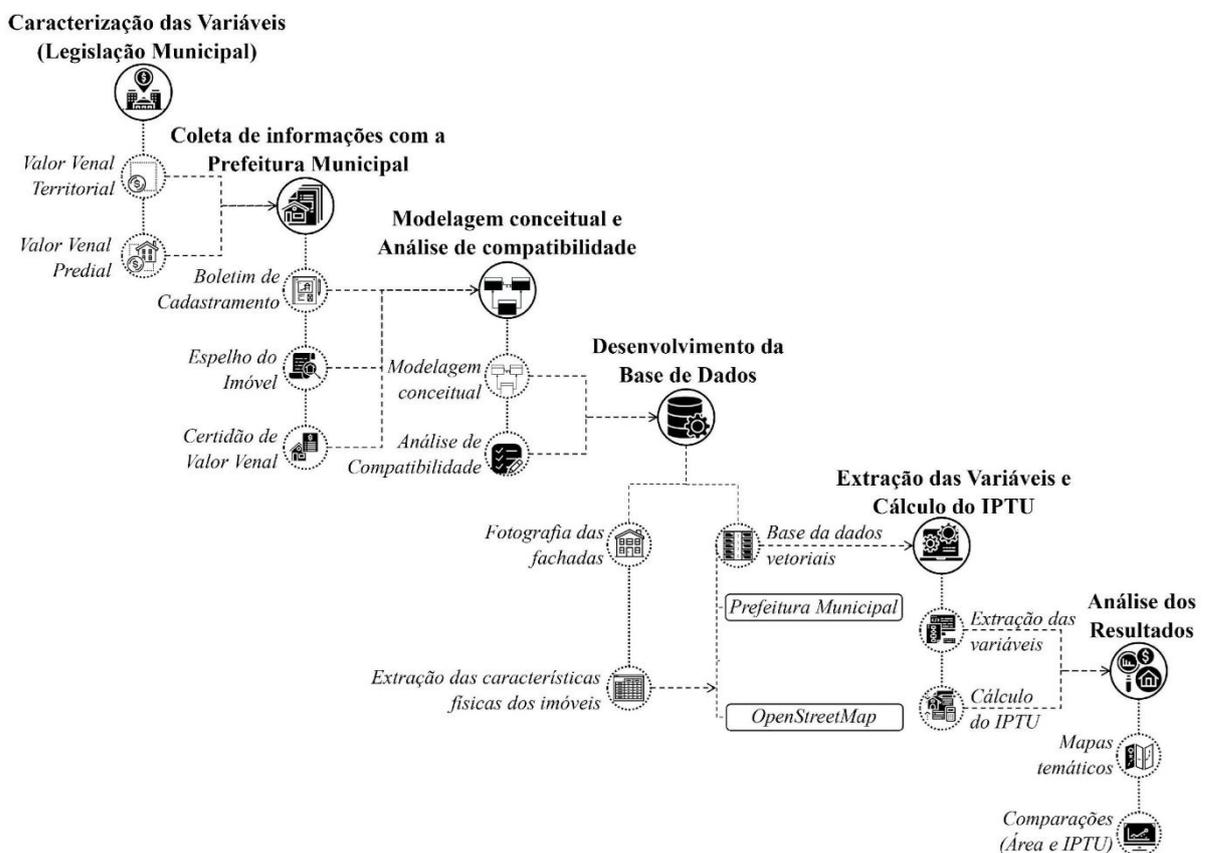
## DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO DE GEOINFORMAÇÃO

O desenvolvimento da solução de geoinformação proposta nessa pesquisa foi dividido em seis etapas (Figura 2). A primeira etapa foi a de caracterização das variáveis e seus parâmetros para o cálculo do IPTU

de acordo com a Legislação Municipal de Monte Carmelo. Em seguida, na etapa dois, foram coletadas junto a Prefeitura as informações dos lotes que constituem a área de estudo, organizadas em três documentos: O Boletim de Cadastramento, o espelho do imóvel e a Certidão de Valor Venal.

Na etapa três foi elaborada a modelagem conceitual dos dados, possibilitando a estruturação de um banco de dados espaciais, bem como, analisar se as bases de dados são compatíveis com as informações necessárias para se calcular o IPTU. Na quarta etapa foram organizadas as bases de dados das duas fontes: (1) da Prefeitura Municipal, derivada do Boletim de Cadastramento e (2) dados do *OpenStreetMap*; essas bases serviram ao propósito de se mostrar o potencial do uso de dados abertos por intermédio da comparação que é feita mais adiante e, também, para que se testasse o fluxo dos procedimentos computacionais da ferramenta que foi elaborada nessa pesquisa. Além disso, fez-se a coleta de informações complementares, como as fotografias das fachadas dos imóveis da área de estudo para extração das características físicas. A quinta etapa consistiu no desenvolvimento e aplicação da ferramenta no *software* QGIS 3.X para cálculo das variáveis que constituem o IPTU, assim como, o cômputo desse imposto, e por fim, na etapa seis foram obtidos os resultados e as comparações entre as bases de dados.

Figura 2 - Etapas do desenvolvimento da solução de geoinformação.



Elaboração - Os autores, 2021.

### Caracterização das Variáveis da Legislação Municipal

Em Monte Carmelo, para imóveis urbanos edificados que não sejam caracterizados como prédios, o IPTU é computado em função do Valor Venal do Imóvel (VVI), o qual é constituído pelo Valor Venal Territorial (VVT) e pelo Valor Venal Predial (VVP) e pela alíquota (Lei Complementar Nº 50 de 28 dezembro de 2017).

O VVT considera o preço do metro quadrado relativo à zona fiscal (Figura 3), conforme a Planta de Valores Genéricos do município (Decreto municipal Nº 2.133 de 26 de dezembro de 2018), o fator de esquina, a metragem da testada equivalente a largura do terreno, a fração ideal e a topografia do terreno. Por sua vez, o fator de esquina é determinado pelo número de faces do terreno voltadas para uma via, estabelecendo

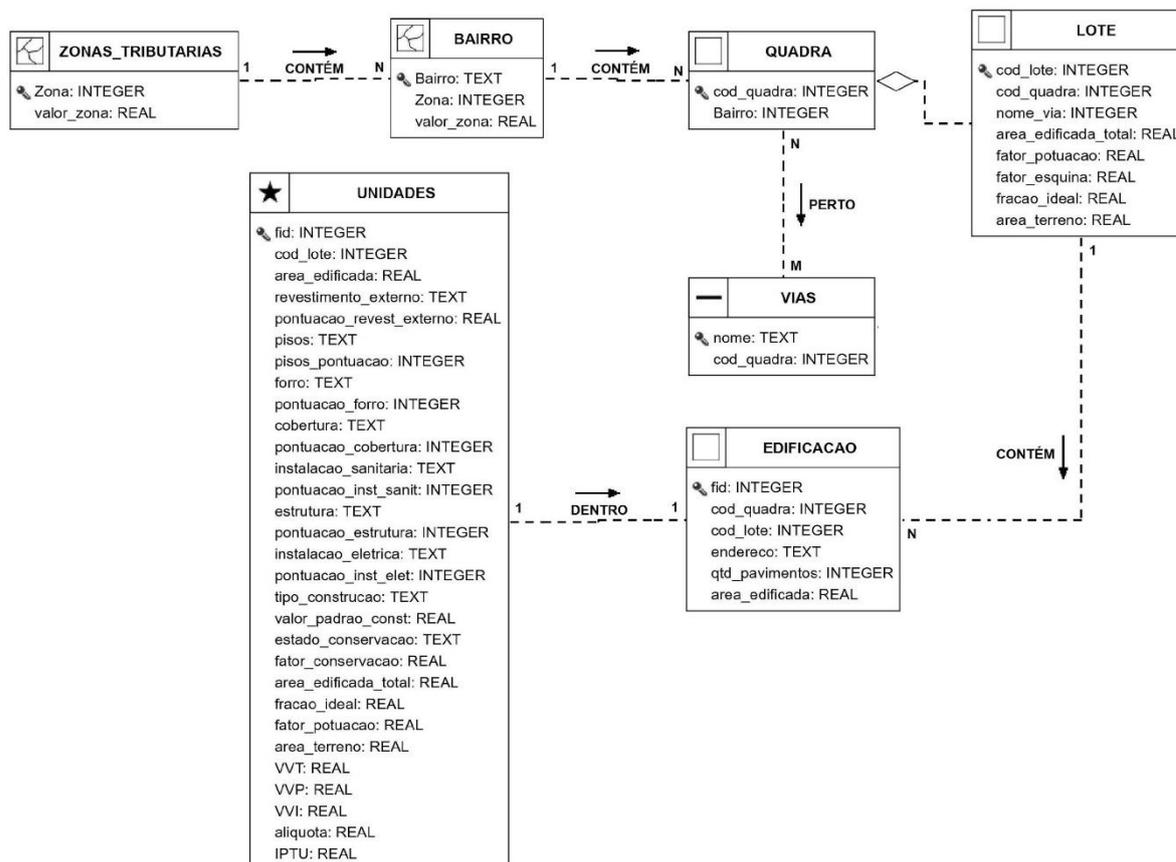




### Modelagem Conceitual e Análise de Compatibilidade

Na sequência, criou-se um modelo conceitual de Banco de Dados Geográficos para o processo de tributação de terras em ambiente urbano. O modelo OMT-G foi escolhido para essa finalidade (BORGES; DAVIS; LAENDER, 2001). A ferramenta OMT-G *Designer* (OMT-G Designer, 2020) foi utilizada para elaboração do diagrama de classes dos dados espaciais envolvidos nesta pesquisa (Figura 5).

Figura 5 - Diagrama de Classes do Banco de Dados Espaciais a ser desenvolvido. (2021).



Elaboração - Os autores, 2021.

Posteriormente, foi realizada a verificação da compatibilidade das informações disponíveis, tanto espacial, quanto não espaciais, com os elementos necessários ao cômputo da estimativa do IPTU. A verificação originou as Quadros 1 e 2, que mostram as variáveis necessárias ao cálculo do IPTU relacionadas às fontes de dados.

Quadro 1 - Análise de compatibilidade das informações para o VVT.

| Variáveis (VVT)         | Dados necessários para extrair as informações | Fonte de dados                            |
|-------------------------|---|---|
| Valor do m <sup>2</sup> | Zonas tributáveis                             | Prefeitura Municipal (2020)               |
| Fator de esquina        | Delimitação do lote                           | <i>OpenStreetMap</i> (2020) e Vetorização |
|                         | Vias  | <i>OpenStreetMap</i> (2020)               |
| Fator de topografia     | Declividade do terreno                        | Dados SRTM                                |
| Área do lote            | Delimitação do lote                           | <i>OpenStreetMap</i> (2020) e Vetorização |
| Metragem da testada     | Delimitação do lote                           | <i>OpenStreetMap</i> (2020) e Vetorização |

Elaboração - Os autores, 2021.

Quadro 2 - Análise de compatibilidade das informações para o VVP.

| Variáveis (VVP)      | Dados necessários para extrair as informações | Fonte de dados                            |
|----------------------|---|---|
| Área edificada       | Delimitação das edificações                   | <i>OpenStreetMap</i> (2020) e Vetorização |
| Valor padrão         | Inspeção visual                               | Fotografia de fachada                     |
| Fator de conservação | Inspeção visual                               | Fotografia de fachada                     |
| Fator de pontuação   | Inspeção visual                               | Fotografia de fachada                     |

Elaboração - Os autores, 2021.

### **Desenvolvimento da Base de Dados**

A primeira etapa para o desenvolvimento da base de dados foi a obtenção das fotos das fachadas das casas da área de interesse. Para a captura das fotografias foi utilizado um celular da marca Xiaomi, modelo Redmi 7, com a configuração “Salvar a informação de localização da foto” ativa, de modo que, no momento da captura da foto as coordenadas geográficas do local também são coletadas. Posteriormente, as imagens foram importadas para o *software* livre QGIS (QGIS, 2020), utilizando o complemento “ImportPhotos” e ajustadas para a frente de cada lote respectivo (Figura 6).

Figura 6 - Fotografias das fachadas da área de estudo.



Elaboração - Os autores, 2021.

Na sequência, construiu-se o banco de dados vetoriais com: (1) as informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal e (2) os dados do *OpenStreetMap*.

Para o uso dos dados espaciais derivados da Prefeitura, primeiramente foi realizado o georreferenciamento das plantas da área de estudo disponíveis nos BCI. O complemento Georreferenciador GDAL do *software*

QGIS foi utilizado para a elaboração do procedimento. A transformação escolhida para o georreferenciamento foi a polinomial de primeiro grau, e para a reamostragem da imagem o método do vizinho mais próximo. Após o georreferenciamento foi possível vetorizar as divisas dos lotes que compõem as três quadras estudadas, com base no BCI. Ao final da vetorização, foi atribuído a cada lote um identificador único (chave primária de nome “cod\_lote”), sendo que o primeiro número do identificador se refere a quadra e os números seguintes ao lote, por exemplo: 101 – quadra 1 lote 01.

Em seguida, foram tabulados de forma manual os dados referentes às informações das características físicas e os valores venais das unidades imobiliárias, advindas dos espelhos dos imóveis e das Certidões de Valor Venal, respectivamente. Esse processo foi feito manualmente, uma vez que a Prefeitura Municipal disponibilizou as informações em arquivos digitais não tabelados, em formato (.pdf). Posteriormente, as informações da tabela foram unidas aos centroides dos lotes, por meio do código de identificação único atribuído a cada lote (“cod\_lote”). Para lotes com mais de uma edificação, os atributos da tabela também foram associados a um ponto sob a unidade imobiliária adicional. Por fim, foi realizado o cálculo do IPTU para cada lote, utilizando as informações dos espelhos dos imóveis, a fim de verificar se os resultados são compatíveis com os valores presentes na Certidão de Valor Venal. Destaca-se que os valores calculados para as variáveis da legislação municipal foram utilizados, também, na análise comparativa exposta mais adiante.

No desenvolvimento da base de dados vetoriais com os dados do *OpenStreetMap*, foi feito o download dos limites vetoriais dos lotes, das áreas edificadas e das vias pertencentes à área de estudo. Esses dados do OSM foram obtidos por meio dos complementos *OSMDownloader*, presente no *software* QGIS. Assim, cada um dos dados foi separado em uma camada vetorial distinta, sendo que os atributos padrão do OSM para as feições foram excluídos, de modo a padronizar os atributos específicos para o estudo de caso. O processo de padronização dos atributos nesta etapa foi feito de forma análoga à etapa de vetorização do BCI.

Por fim, extraiu-se informações de declividade após processar o Modelo Digital de Elevação “SRTM” (*Shuttle Radar Topographic Mission*), valor associado à variável Fator da Topografia do terreno, usada no cálculo do VVT. Os dados SRTM foram obtidos do projeto Topodata (VALERIANO e ROSSETTI, 2012). Os percentuais de declividade foram classificados em intervalos de classes conforme a situação do terreno: 0.0% a 8.0% para planos, 8.1% a 20.0 para inclinados e 20,1% a 25,6% para irregular. Uma limitação dessa escolha se dá pela escala do produto derivado do MDE escolhido. De fato, faz-se a ressalva que não se aplica a utilização do SRTM-Topodata na escala de análise que é desejada para a demanda desse tipo de trabalho. Entretanto, como nesse artigo desenvolveu-se uma ferramenta para a estimativa dos valores de IPTU e, concomitante à falta de geoinformação adequada advinda da lacuna de investimentos do município no mapeamento de seu território, utilizou-se esse produto como “*input*” da rotina, sabendo-se das limitações.

### **Extração das Características Físicas dos Imóveis**

No processo de extração das características físicas de cada uma das unidades imobiliárias, obteve-se informações sobre o “Valor padrão”, o “Fator de conservação” e o “Fator de pontuação”. A obtenção desses parâmetros foi feita por meio de inspeção visual das fotografias de fachadas, e organizadas em tabelas, sendo que, para cada unidade imobiliária as informações eram associadas ao identificador único da unidade (“fid”), possibilitando a associação das informações tabulares com os dados espaciais vetorizados. Faz-se uma ressalva importante nesse momento, uma vez que não há manual de instrução que permita a inspeção visual. Essa é uma importante variável que pode impactar na contabilização do IPTU, pois depende do operador e da subjetividade de sua avaliação. Dessa forma, para se minimizar a subjetividade inerente ao processo, nesse artigo a valoração dessa etapa baseou-se na avaliação visual relativa entre as construções da área de estudo e nas construções em regiões nobres e periféricas da cidade de Monte Carmelo.

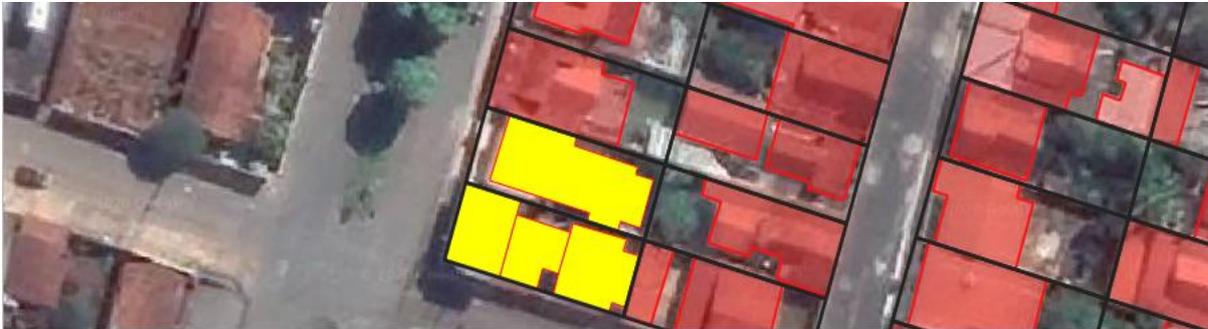
Para lotes com construções na parte dos fundos, não foi possível obter as variáveis desejadas através da inspeção visual, visto que foi impossível visualizar essas unidades nas fotos da fachada dos imóveis.

Nesses casos, buscou-se seguir as características presentes no espelho do imóvel, contudo, algumas unidades não estavam registradas no banco de dados da Prefeitura, sendo que nessa situação as características físicas atribuídas seguiram o padrão da unidade principal.

Além disso, as características internas dos imóveis levadas em consideração no Fator de pontuação também não puderam ser levantadas por meio das fotos das fachadas, como tipo de piso, tipo forro e instalação sanitária. Assim, foram utilizadas as informações presentes nos espelhos dos imóveis disponibilizados pela Prefeitura Municipal.

Dessa forma, foi feita a união no *software* QGIS das informações da tabela desenvolvida com os dados espaciais por meio do identificador único de cada unidade imobiliária (“fid”) para a base do *OpenStreetMap* (Figura 8).

Figura 8 - Unidades imobiliárias e seus atributos correspondentes às características físicas dos imóveis.



Edificacoes\_VETOR\_saida :: Feições de totais: 124, filtrado: 124, selecionado: 4

|   | fid | navimi_d_qua | cod_lote | tipo_construcao | padrao       | vestimento_externo | cao_rev        | pisos | lacao    | forro | lacao       | cobertura | lacao_cc_nstalaca |   |           |
|---|-----|--------------|----------|-----------------|--------------|--------------------|----------------|-------|----------|-------|-------------|-----------|-------------------|---|-----------|
| 1 | 120 | 1            | 1        | 101             | Casa/Sobrado | 544,88             | Oleo/Latex/PVA | 19    | Ceramica | 8     | Madeira/PVC | 2         | Telha Ceramica    | 3 | Interna   |
| 2 | 119 | 1            | 1        | 101             | Casa/Sobrado | 544,88             | Oleo/Latex/PVA | 19    | Ceramica | 8     | Madeira/PVC | 2         | Telha Ceramica    | 3 | Interna   |
| 3 | 118 | 1            | 1        | 101             | Salas/Lojas  | 326,93             | Oleo/Latex/PVA | 23    | Ceramica | 25    | Madeira/PVC | 2         | Telha Ceramica    | 3 | Inexisten |
| 4 | 121 | 1            | 1        | 102             | Casa/Sobrado | 544,88             | Oleo/Latex/PVA | 19    | Ceramica | 8     | Madeira/PVC | 2         | Telha Ceramica    | 3 | Interna   |
| 5 | 122 | 1            | 1        | 103             | Casa/Sobrado | 544,88             | Oleo/Latex/PVA | 19    | Ceramica | 8     | Madeira/PVC | 2         | Telha Ceramica    | 3 | Interna   |

Mostrar todas as feições

Elaboração - Os autores, 2021.

### **Construção da ferramenta para o Cálculo automático do IPTU no QGIS**

De modo a automatizar o processo de cálculo do IPTU, criou-se um sistema que recebe dados de entrada e executa uma sequência de procedimentos, retornando dados de saída, mediante o uso do Modelador Gráfico do QGIS. Esse arquivo está disponível no Repositório no *GitHub* do Laboratório Geoespacial Livre da Universidade Federal do Paraná (LABORATÓRIO GEOESPACIAL LIVRE - UFPR, 2022), permitindo sua reprodutibilidade.

Desse modo, foram elaborados procedimentos para o cálculo das variáveis que constituem o IPTU, estabelecendo-se rotinas que verificam nos dados espaciais de entrada as condições para a determinação dos parâmetros que compõem o VVT e o VVP. O Quadro 3 exemplifica a rotina desenvolvida para determinar a variável fator de esquina, que constitui o cálculo do VVT. Assim, para cada um dos parâmetros do VVT foram elaboradas condições, bem como para os critérios do VVP (Quadro 3).

Quadro 3 - Exemplo de condições para cálculo dos parâmetros que constituem o VVT e o VVP.

| Variável/Parâmetro                       | Fórmula  | Descrição  |
|--|--|--|
| Valor Venal Territorial/Fator de Esquina | <pre> CASE WHEN "osm_id_count" = 1 THEN 1 WHEN "osm_id_count" = 2 THEN 1.1 WHEN "osm_id_count" = 3 THEN 1.2 WHEN "osm_id_count" = 4 THEN 1.3 ELSE 0.8 END                     </pre> | <p>Caso</p> <p>Quando a quantidade via que intersecta no lote for = 1, então o lote receberá o valor do coeficiente = 1 (ou seja, uma testada) no campo resultante "fator_esquina"</p> <p>Quando a quantidade via que intersecta no lote for = 2, então o lote receberá o valor do coeficiente = 1.1 (ou seja, duas testadas)</p> <p>Quando a quantidade via que intersecta no lote for = 3, então o lote receberá o valor do coeficiente = 1.2 (ou seja, três testadas)</p> <p>Quando a quantidade via que intersecta no lote for = 4, então o lote receberá o valor do coeficiente = 1.3 (ou seja, quatro testadas)</p> <p>Se nenhuma das condições for verdadeira, então o lote receberá o valor do coeficiente = 0.8 (encravado)</p> |
| Valor Venal Predial/Área Edificada       | ( "qtd_pavimentos" * \$area )  | Cálculo da área edificada para cada lote, considerando a quantidade de pavimentos  |

Elaboração - Os autores, 2021.

Com as variáveis do Valor Venal do Imóvel estabelecidas, foi possível desenvolver uma rotina para o cálculo dos Valores Venais, bem como estabelecer a rotina com as condições para o cômputo da alíquota, possibilitando enfim, o cômputo do IPTU para cada um dos lotes da área de estudo (Quadro 4).

Quadro 4 - Condições para cálculo do VVT, VVP, Alíquota e IPTU.

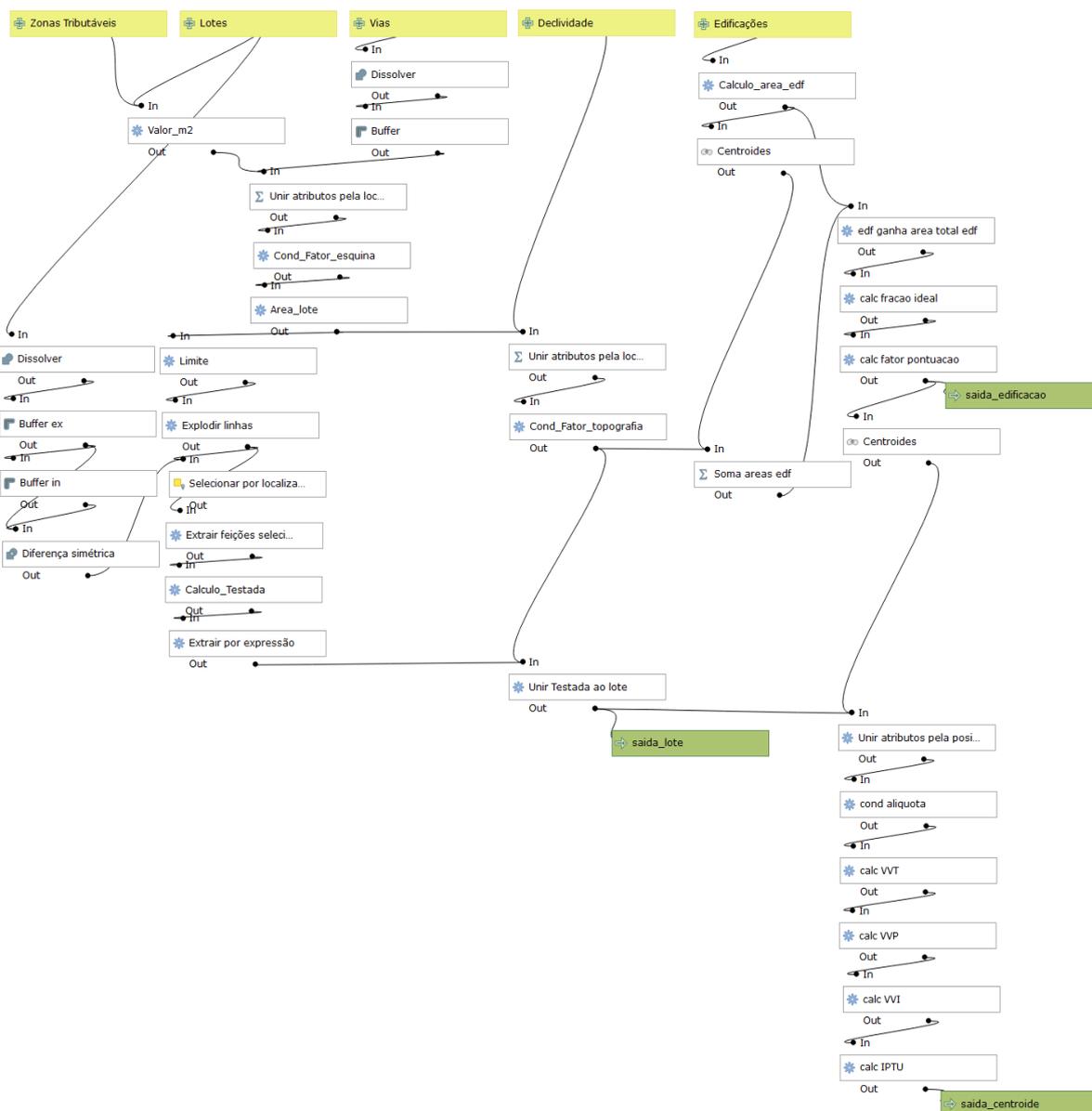
| Variável                | Fórmula  | Descrição   |
|-------------------------|--|---|
| Valor Venal Territorial | <pre> "valor_zona" * "fator_esquina" * "fator_topografia" * 30 * sqrt( "area_terreno" * "fracao_ideal" * "testada" / 30)                     </pre>  | Cálculo do VVT para cada unidade imobiliária.   |
| Valor Venal Predial     | <pre> CASE WHEN "area_edificada_sum" is null THEN 0 ELSE ( "area_edificada" * "valor_padrao_const" * "fator_conservacao" * "fator_pontuacao" ) END                     </pre>  | <p>Caso</p> <p>Quando a área total edificada for nula (ou seja, terreno não edificado) então o Valor Venal Predial será = 0</p> <p>Se a condição for falsa (ou seja, o terreno é edificado) então irá calcular o seu respectivo VVP</p>   |
| Alíquota                | <pre> CASE WHEN ( "area_edificacao_sum" &gt;1) THEN (1.5/100) WHEN ( "area_edificacao_sum" is null AND "area_lote" &lt;=10000 ) THEN (2.0/100) WHEN ( "area_lote" &gt;10000) THEN (3.0/100) END                     </pre> | <p>Caso</p> <p>Quando a área total edificada for maior que 1 (ou seja, terreno edificado) então o lote receberá o valor da alíquota = 1,5%</p> <p>Quando a área total edificada for nula (ou seja, terreno não edificado) e a área do lote for menor ou igual do que 10.000 m<sup>2</sup>, então o lote receberá o valor da alíquota = 2,0%</p> |
| IPTU                    | <pre> "aliquota" * (("valor_venal_territorial" * 0.40) + ("valor_venal_predial" * 0.30))                     </pre>  | Cálculo do IPTU para cada unidade imobiliária   |

Elaboração - Os autores, 2021.

Assim, o modelo desenvolvido (Figura 9) tem como dados espaciais de entrada as camadas das zonas tributáveis, limites dos lotes, as vias, a declividade em percentagem e o limite das áreas edificadas. Na saída obteve-se:

- Lotes com os atributos extraídos (área terreno, fator de topografia e testada);
- Edificações com os atributos preenchidos manualmente e atributos extraídos (valor padrão da construção; fator de pontuação; fator de conservação; área edificada e fração ideal);
- Unidades imobiliárias (ponto) contendo a união das informações do lote e das edificações, bem como os cálculos realizados (alíquota, VVT, VVP, VVI e IPTU).

Figura 9 - Modelo gráfico desenvolvido.



Elaboração - Os autores, 2021.

### TESTES DE FUNCIONAMENTO E COMPARAÇÕES

Após o funcionamento completo da ferramenta de forma exitosa, foram comparados os valores de área edificada e do IPTU calculado para as bases de dados (1) da Prefeitura Municipal, (2) do *OpenStreetMap*.

Com relação às áreas edificadas, foi considerado o total de área construída por lote, ou seja, para os lotes que possuem mais de uma unidade imobiliária, os valores das áreas edificadas foram somados. A Tabela 1 apresenta a comparação do total de área edificada por lote para a quadra 1, uma das três quadras que constituem a área de estudo.

Tabela 1 - Área total edificada da quadra 1 por base de dados.

|                 | <b>PREFEITURA</b>                     | <b>OSM</b>                            | <b>PREFEITURA X OSM</b>      |
|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| <b>cod_lote</b> | <b>Área Edificada (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Área Edificada (m<sup>2</sup>)</b> | <b>Diferença em área (%)</b> |
| 101             | 130,00                                | 175,46                                | 34,97                        |
| 102             | 100,00                                | 90,55                                 | -9,45                        |
| 103             | 52,00                                 | 124,04                                | 138,54                       |
| 104             | 98,03                                 | 89,39                                 | -8,81                        |
| 105             | 40,00                                 | 60,90                                 | 52,26                        |
| 106             | 43,07                                 | 158,08                                | 267,02                       |
| 107             | 52,80                                 | 124,15                                | 135,14                       |
| 108             | 30,09                                 | 67,02                                 | 122,73                       |
| 109             | 75,35                                 | 142,21                                | 88,73                        |
| 110             | 32,45                                 | 114,75                                | 253,62                       |
| 111             | 84,88                                 | 76,52                                 | -9,85                        |
| 112             | 171,37                                | 80,92                                 | -52,78                       |
| 113             | 70,00                                 | 101,90                                | 45,57                        |
| 114             | 54,23                                 | 96,25                                 | 77,48                        |
| 115             | 70,40                                 | 139,26                                | 97,81                        |
| 116             | 57,95                                 | 84,63                                 | 46,03                        |
| 117             | 30,97                                 | 54,33                                 | 75,41                        |
| 118             | 49,99                                 | 123,43                                | 146,90                       |
| 119             | 94,00                                 | 78,28                                 | -16,72                       |

Elaboração - Os autores, 2021.

De acordo com os resultados é possível afirmar que com os dados do *OpenStreetMap*, tem-se que 86.7% dos lotes tiveram acréscimo na área edificada quando comparados aos dados da Prefeitura, com destaque para o lote número 208, que teve um acréscimo de 431.13%. O total de área edificada de acordo com cada base de dados foi de 6.924,89 m<sup>2</sup> (Prefeitura) e 10.707,15m<sup>2</sup> (OSM). Dessa forma, comparando-se o total de área edificada registrada no banco de dados da Prefeitura com os dados do OSM, o acréscimo foi de 54.62%, o que representa uma diferença importante que pode se relacionar com a lacuna temporal de atualização da base da Prefeitura. Adicionalmente, essa diferença nos valores computados também pode ser atribuída ao fato de existirem variações - naturais - na habilidade dos usuários do OSM em mapear a área, bem como em diferenças na escala e resolução espacial da imagem de satélite utilizada. É importante destacar, ainda, que os beirais dos telhados podem acrescentar diferença ao mapeamento do OSM em comparação com os registros da Prefeitura. Isso ocorre, pois, no OSM os usuários têm acesso à imagem de satélite disponibilizada na plataforma, cuja visualização vertical impossibilita que se ajuste os dados vetorizados. Entretanto, entende-se que a maior contribuição na diferença dos valores advém da desatualização dos registros da Prefeitura, o que permite afirmar que há uma deficiência da base oficial no que se refere ao valor cobrado de IPTU, bem como o potencial do uso de dados abertos na estimativa das regiões com maior deficiência.

Com relação aos valores obtidos de IPTU para os lotes da área de estudo, foi considerado o total do IPTU por lote, ou seja, para os lotes que possuem mais de uma unidade imobiliária, os valores do tributo das

unidades foram somados. A Tabela 2 apresenta a comparação do valor total de IPTU por lote para a quadra 1, uma das três quadras que constituem a área de estudo.

Tabela 2 - Área total edificada da quadra 1 por base de dados.

|          | PREFEITURA | OSM        | PREFEITURA X OSM |
|----------|------------|------------|------------------|
| cod_lote | IPTU (R\$) | IPTU (R\$) | Diferença (R\$)  |
| 101      | 235,37     | 301,66     | 66,29            |
| 102      | 190,70     | 179,62     | -11,08           |
| 103      | 129,26     | 244,48     | 115,21           |
| 104      | 132,41     | 211,54     | 79,12            |
| 105      | 100,66     | 96,37      | -4,30            |
| 106      | 112,13     | 251,88     | 139,75           |
| 107      | 107,76     | 215,34     | 107,58           |
| 108      | 84,92      | 89,72      | 4,80             |
| 109      | 163,47     | 236,04     | 72,56            |
| 110      | 83,24      | 144,55     | 61,31            |
| 111      | 147,21     | 146,55     | -0,66            |
| 112      | 273,55     | 175,80     | -97,75           |
| 113      | 132,39     | 180,42     | 48,03            |
| 114      | 114,17     | 152,27     | 38,10            |
| 115      | 159,09     | 290,24     | 131,16           |
| 116      | 118,43     | 160,54     | 42,11            |
| 117      | 82,53      | 132,52     | 50,00            |
| 118      | 112,35     | 210,94     | 98,59            |
| 119      | 156,28     | 141,87     | -14,42           |
| 120      | 200,76     | 195,13     | -5,63            |
| 121      | 106,88     | 162,17     | 55,29            |
| 122      | 150,29     | 171,17     | 20,88            |
| 123      | 103,82     | 169,47     | 65,65            |
| 124      | 123,03     | 209,24     | 86,21            |
| 125      | 189,00     | 154,46     | -34,55           |
| 126      | 149,70     | 245,34     | 95,64            |
| 127      | 193,26     | 182,07     | -11,19           |

Elaboração - Os autores, 2021.

De acordo com os resultados obtidos para as três quadras que constituem a área de estudo, é possível afirmar que para os dados do OSM, 76.7% dos lotes tiveram acréscimo no valor do IPTU quando comparados com os valores da Prefeitura, sendo que a maior diferença encontrada foi para o lote número 301, que teve um acréscimo no valor de R\$ 414,18. Com relação ao valor total do IPTU por base de dados (OSM: R\$ 17.561,20; Prefeitura: R\$ 13.136,43) nota-se que a diferença dos valores de IPTU calculado entre as informações da Prefeitura e os dados do *OpenStreetMap*, haveria um acréscimo de 34.6% na arrecadação. Essa diferença representa uma quantia importante na arrecadação municipal e, com os dados do OSM, se estimaria facilmente as lacunas e regiões com as demandas de atualização mais urgentes.

Novamente, atribui-se tais diferenças nos valores calculados à lacuna temporal de atualização dos dados da Prefeitura e às flutuações naturais que acompanham a base do OSM.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse artigo foi desenvolvida e testada uma solução de geoinformação para o cálculo automático do IPTU, bem como, avaliamos a viabilidade do uso de dados abertos no processo de estimativa de tributação de terras urbanas, em comparação com os dados oficiais da Prefeitura do município de Monte Carmelo.

De acordo com os resultados apresentados, com relação ao total da área edificada das unidades imobiliárias, e ao montante calculado do IPTU, é possível afirmar que as informações cadastrais da Prefeitura Municipal se encontram desatualizadas, impactando negativamente na valorização do valor venal do imóvel, e consequentemente, na arrecadação tributária do município. Logo, conclui-se que a inexistência de um sistema de geoinformação para gestão municipal impacta diretamente na falta de planejamento e compreensão do espaço urbano, deixando o município em uma situação de atraso cadastral, tecnológico e econômico.

Por outro lado, verificou-se que as informações geográficas voluntárias, quando atualizadas, fornecem um panorama mais compatível com a situação atual das áreas urbanas, quando comparada com os dados oficiais. Além disso, foi possível observar que os dados espaciais abertos, se modelados, são compatíveis com cálculos aplicados à avaliação e tributação de terras, contribuindo para o planejamento da atualização cadastral de municípios de pequeno porte. Entretanto, é importante salientar que para a utilização dos dados do mapeamento colaborativo no planejamento do cadastro territorial é necessário realizar avaliar a qualidade do que está postado nas plataformas, visto que, dada acurácia posicional requerida na delimitação das divisas dos lotes e unidades imobiliárias.

Por fim, é possível afirmar que a solução de geoinformação gerada aqui pode ser adaptada a outros contextos urbanos. É, portanto, uma alternativa para suprir a necessidade de planejamento de atualização das bases cartográficas de municípios pequenos, inclusive para o planejamento de regularização fundiária. Além disso, a solução desenvolvida fornece apoio aos gestores à visualização espacial dos problemas que tangem à gestão urbana, contribuindo com o processo de avaliação e tomada de decisão no processo de tributação de terras.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de iniciação científica e pela bolsa produtividade e à Fundação da Universidade Federal do Paraná (FUNPAR) pela bolsa de mestrado.

## REFERÊNCIAS

BARRETO, A. Mapeamento do Brasil a curto prazo. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 1, p. 38–43, 1970.

BORGES, K. A. V.; DAVIS, C. A.; LAENDER, A. H. F. OMT-G: An object-oriented data model for geographic applications. **Geoinformatica**, v. 5, n. 3, p. 221–260, 2001. Springer. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1011482030093>>. Acesso em: 01 out. 2020.  
<https://doi.org/10.1023/A:1011482030093>

BRENNAN, C.; HACKLER, D.; HOENE, C. Demographic Change in Small Cities, 1990 to 2000. **Urban Affairs Review**, v. 40, n. 3, p. 342–361, 2005. Sage PublicationsSage CA: Thousand Oaks, CA. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1078087404269161>>. Acesso em: 01 out. 2020  
<https://doi.org/10.1177/1078087404269161>

BUHAUG, H.; URDAL, H. An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2013. Pergamon.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>

CABRAL, C. R.; HASENACK, M.; DE FRANÇA, R. M.; DE ARAÚJO, A. L.; BOSCATTO, F. A cadastre proposal for Brazil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 745–764, 2020. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/56469>>. Acesso em: 01 out. 2020  
<https://doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56469>

CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. An investigation into the completeness of, and the updates to, OpenStreetMap data in a heterogeneous area in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 3, p. 1366–1388, 2015. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031366>

CARNEIRO, A. F. T.; MIRANDA, C. R. Evolution and trends in research on land administration and cadastre. **Revista Brasileira de Cartografia**, 1. dez. 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56586>>. Acesso em: 06 maio 2021.

ESTES, J. E.; MOONEYHAN, D. W. Of maps and myths. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 60, n. 5, p. 517–524, 1994.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, p. 211–221, 2007. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10708-007-9111-y>>. Acesso em: 01 out. 2019. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>

GRIFFIN, A. L.; FABRIKANT, S. I. More Maps, More Users, More Devices Means More Cartographic Challenges. **The Cartographic Journal**, v. 49, n. 4, p. 298–301, 2012. <https://doi.org/10.1179/0008704112Z.00000000049>

HAKLAY, M. Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology. In: D. Sui; S. Elwood; M. Goodchild (Orgs.); **Crowdsourcing Geographic Knowledge**. p.105–122, 2012. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7)

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Bases e Referenciais**. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-ereferenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html/> Acesso em: 10 out. 2021.

LABORATÓRIO GEOESPACIAL LIVRE - UFPR. **Repositório no github**. Disponível em: <https://github.com/Labgeolivre-UFPR/Plugins>. Acesso em 01 jan. 2022

LISBOA, C. E. DE M. Considerações sobre o mapeamento do Brasil a curto prazo: Tentativa de uma solução. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 2, n. 1, p. 41–47, 1971.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Desambiguação dos Termos Mapeamento Topográfico em Grandes Escalas e Mapeamento Cadastral no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 2, p. 295–327, 2019. <<http://dx.doi.org/10.14393/rbcv71n2-44528>>.

MARSHALL, S. Planning, Design and the Complexity of Cities. **Complexity Theories of Cities Have Come of Age**. p.191–205, 2012. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24544-2\\_11](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24544-2_11)>. Acesso em: 06 maio 2021. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-24544-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-642-24544-2_11)

MONTE CARMELO (Município). **Lei Complementar nº 50, de 28 de dezembro de 2017**, Monte Carmelo, MG.

MONTE CARMELO (Município). **Decreto nº 2.133, de 26 de dezembro de 2018**. Dispõe sobre o Cálculo e Arrecadação do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana, Monte Carmelo, MG.

MONTE CARMELO (Município). **Zonas tributáveis**. Arquivo vetorial, 2020.

NEWMAN, R.; CHANG, V.; WALTERS, R. J.; WILLS, G. B. Web 2.0—The past and the future. **International Journal of Information Management**, v. 36, n. 4, p. 591–598, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2016.03.010>

OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; HART, G.; FOODY, G. M.; TOUYA, G.; KELLENBERGER, T.; DEMETRIOU, D. The Scale of VGI in Map Production: A Perspective on European National Mapping Agencies. **Transactions in GIS**, v. 21, n. 1, p. 74–90, 2017. <<http://doi.wiley.com/10.1111/tgis.12189>>

OMT-G Designer. Disponível em: <http://aqui.io/omtg/>. Acesso em: 01 dez. 2020.

OPENSTREETMAP. **Dados vetoriais**. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/>. Acesso em: 01 dez. 2020.

QGIS. Software livre **QGIS 3.X**. Disponível em: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/](https://qgis.org/pt_BR/site/). Acesso em: 01 out. 2020)

SILVA, S. D. R. S. E.; BRANDÃO, A. C.; CARNEIRO, A. F. T.; ANTUNES, A. F. B. Por uma Estruturação Sistêmica e de Abrangência Nacional para o Cadastro Territorial Brasileiro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 73, n. 2, p. 685–706, 2021. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/57862>>. Acesso em: 01 nov. 2021 <https://doi.org/10.14393/rbcv73n2-57862>

SLUTER, C. R.; CAMBOIM, S. P.; IESCHECK, A. L.; PEREIRA, L. B.; CASTRO, M. C.; YAMADA, M. M.; ARAÚJO, V. S. A Proposal for Topographic Map Symbols for Large-Scale Maps of Urban Areas in Brazil. **Cartographic Journal**, v. 55, n. 4, p. 362–377, 2018. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00087041.2018.1549307>

SLUTER, C. R.; CARNEIRO, A. F. T.; IESCHECK, A. L.; PONTES, D. R.; GEDIEL, J. A. P. Cartografia e Direito na Formação Territorial e na Configuração da Propriedade no Brasil. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 72, p. 916–939, 2020. <http://dx.doi.org/10.14393/rbcv72nespecial50anos-56599>

VALERIANO, M., M.; ROSSETTI, D. de F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300–309, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.004>

---

Recebido em: 17/01/2022

Aceito para publicação em: 08/06/2022