



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CARLOS MIGUEL MEDEIROS PEIXOTO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE VETORIZAÇÃO DE  
EDIFICAÇÕES EM ORTOFOTOS PRODUZIDAS POR AERONAVES  
REMOTAMENTE PILOTADAS.**

MOSSORÓ

2023

CARLOS MIGUEL MEDEIROS PEIXOTO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE VETORIZAÇÃO DE  
EDIFICAÇÕES EM ORTOFOTOS PRODUZIDAS POR AERONAVES  
REMOTAMENTE PILOTADAS.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Dr.

Co-orientador: Vinícius Navarro Varela Tinoco.

MOSSORÓ

2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P379a Peixoto, Carlos Miguel Medeiros.  
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE  
VETORIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EM ORTOFOTOS PRODUZIDAS  
POR AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS / Carlos  
Miguel Medeiros Peixoto. - 2023.  
57 f. : il.

Orientador: ROGÉRIO TAYGRA VASCONCELOS  
FERNANDES.  
Coorientador: VINÍCIUS NAVARRO VARELA TINOCO.  
Monografia (graduação) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,  
2023.

1. Cadastro imobiliário. 2. Geoprocessamento.  
3. Imposto. 4. Ortomosaico. 5. Comparação. I.  
FERNANDES, ROGÉRIO TAYGRA VASCONCELOS , orient.  
II. TINOCO, VINÍCIUS NAVARRO VARELA, co-orient.  
III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade  
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência  
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

CARLOS MIGUEL MEDEIROS PEIXOTO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE VETORIZAÇÃO DE  
EDIFICAÇÕES EM ORTOFOTOS PRODUZIDAS POR AERONAVES  
REMOTAMENTE PILOTADAS.**

Monografia apresentada a Universidade  
Federal Rural do Semi-Árido como requisito  
para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Defendida em: 11 / 10 / 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**ROGERIO TAYGRA VASCONCELOS FERNANDES**  
Data: 20/10/2023 09:38:23-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes, Prof. Dr. (UFERSA)  
Presidente

Documento assinado digitalmente



**VINICIUS NAVARRO VARELA TINOCO**  
Data: 20/10/2023 10:34:22-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Vinicius Navarro Varela Tinoco, Técnico. (UFERSA)  
Membro Examinador

**PAULO CESAR MOURA  
DA SILVA**

Assinado digitalmente por PAULO CESAR MOURA DA SILVA  
DN: CN=PAULO CESAR MOURA DA SILVA  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR  
Razão: Eu sou o autor deste documento  
Localização: sua localização de assinatura aqui  
Data: 2023.10.20 10:40:36-03'00'  
Foxit PDF Reader Versão: 11.0.0

Paulo Cesar Moura da Silva, Prof. Dr. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



**FRANCISCO NELIO DA SILVA JUNIOR**  
Data: 20/10/2023 10:58:43-0300  
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Francisco Nélío da Silva Júnior, Eng. Civil Esp. Em Geoprocessamento  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada disso seria possível, ele quem me deu forças, sabedoria, coragem e discernimento para chegar até aqui.

Aos meus pais, Antonio Carlos e Divina, por tudo que fizeram e fazem por mim até hoje, por me guiar sempre no caminho certo e sempre me empurrarem pra frente, me apoiarem em todas as decisões que tomei, nunca mediram esforços pra qualquer coisa relacionada a mim e meus irmãos.

Ao meu irmão Emanuel, por toda parceria e companheirismo desde sempre.

A minha irmã Lavínia, por todo amor e cuidado que tem por mim e por toda nossa família, e também por ter trazido ao mundo o príncipe da família Carlos Arthur.

A toda minha família (paterna e materna), por sempre me incentivarem e acreditarem em mim.

A Almir Mariano de Souza Junior pela oportunidade de ingressar e ser bolsista durante mais de dois anos do Acesso a Terra Urbanizada, onde adquiri muito conhecimento na prática da engenharia e topografia.

Aos membros do Acesso a Terra Urbanizada, pelos aprendizados compartilhados, pelas experiências vividas e principalmente pelas amizades criadas, vocês foram essenciais nesse processo.

Ao meu Orientador Rogério Taygra, por ter se disponibilizado de imediato a me orientar, por ter me guiado e me mostrado os caminhos necessários para a realização deste trabalho.

Ao meu Co-Orientador Vinícius Navarro, por toda disponibilidade em sempre me ajudar quando precisei, e também por todo conhecimento que me passou no Acesso a Terra Urbanizada.

A todas as amizades feitas durante o curso, em especial a meus amigos, Daniel Corsino e Luan Vinicius, por sempre estarem presentes pra me ensinar os conteúdos que eu tive dificuldades para aprender. A Hanna Stefanny, pelos conselhos e por estar comigo em todos os momentos importantes e decisivos da minha formação. A Valdiane por sempre me apoiar e me incentivar em tudo. A Pedro Henrique, Giorgy e Hanlleth pela amizade e todo aprendizado que passamos juntos nos estágios e no Reurb.

Aos membros da banca examinadora, Professor Paulo Cesar e Francisco Nélío por aceitarem de imediato fazer parte desse momento tão importante na formação de um engenheiro.

A todos os meus amigos e familiares que sempre torceram por mim.

Tudo tem seu tempo determinado, e há tempo  
pra todo propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

## RESUMO

Atualmente, o poder público busca manter um crescimento urbano e populacional ordenado. Um dos fatores essenciais para a manutenção dessa ordem é a cobrança do IPTU juntos aos moradores e proprietários dos imóveis. Através do cadastro imobiliário urbano, é possível se obter dados dos imóveis como tamanho do terreno, área construída, localização, etc. Através da utilização de técnicas de geoprocessamento e mapeamento, é possível coletar esses dados e fazer análises dos mesmos gerando informações georreferenciadas e confiáveis. Esse mapeamento é feito com o processamento dos dados obtidos no levantamento topográfico e aerofotogramétrico. O método atual para a obtenção dos dados referentes aos imóveis é o de vetorização manual, processo feito manualmente por humanos, o que pode implicar em erros no processo de vetorização. Nesse contexto, objetivou-se neste trabalho comparar métodos de vetorização automáticos e semiautomáticos com o método manual. Com o intuito de fazer uma amostragem de dados sobre a vetorização das edificações através dos métodos manual, semiautomático e automático, foram realizados testes com 10 participantes para a coleta de parâmetros como tempo de execução, uso da ferramenta, qualidade final do produto, área, perímetro e quantidade de vértices. Através da análise de todos os dados coletados percebeu-se que a vetorização manual e a automática foram semelhantes em alguns desses parâmetros, principalmente na visualização do produto final gerados por ambos e pelas áreas calculadas, com valores das áreas das edificações somadas variando de 5500 m<sup>2</sup> e 6000 m<sup>2</sup>, porém, foram distintos no cálculo dos perímetros e quantidade de vértices, isso devido a alguns erros encontrados no processamento do mesmo. Já a vetorização semiautomática apresentou resultados muito distintos da realidade e dos outros dois métodos, como por exemplo no cálculo da área edificada da quadra de estudo, onde a área média calculada foi de 3015,95 m<sup>2</sup>, outro parâmetro que destoou bastante foi o do perímetro, o que mostra que esse método não é confiável. Pode-se concluir, portanto, que para a vetorização de edificações o método que mais se aproxima da realidade e traz dados mais confiáveis é o da vetorização manual.

**Palavras-chave:** Cadastro imobiliário; Geoprocessamento; Imposto; Ortomosaico; Comparação.

## ABSTRACT

Currently, public authorities seek to maintain orderly urban and population growth. One of the essential factors for maintaining this order is the collection of IPTU from residents and property owners. Through the urban real estate registry, it is possible to obtain property data such as land size, built area, location, etc. Through the use of geoprocessing and mapping techniques, it is possible to collect this data and analyze it, generating georeferenced and reliable information. This mapping is done by processing data obtained from topographic and aerial photogrammetric surveys. The current method for obtaining data relating to properties is manual vectorization, a process done manually by humans, which can result in errors in the vectorization process. In this context, the objective of this work was to compare automatic and semi-automatic vectorization methods with the manual method. In order to sample data on the vectorization of buildings using manual, semi-automatic and automatic methods, tests were carried out with 10 participants to collect parameters such as execution time, use of the tool, final product quality, area, perimeter and number of vertices. Through the analysis of all the data collected, it was noticed that manual and automatic vectorization were similar in some of these parameters, mainly in the visualization of the final product generated by both and by the calculated areas, with values of the combined building areas varying from 5500 m<sup>2</sup> and 6000 m<sup>2</sup>, however, were different in the calculation of perimeters and number of vertices, due to some errors found in its processing. The semi-automatic vectorization presented very different results from reality and from the other two methods, for example in the calculation of the built area of the study block, where the average calculated area was 3015.95 m<sup>2</sup>, another parameter that differed greatly was the perimeter, which shows that this method is unreliable. It can be concluded, therefore, that for the vectorization of buildings, the method that comes closest to reality and provides more reliable data is manual vectorization.

**Keywords:** Real estate registration; Geoprocessing; Tax; Orthomosaic; Comparison.



## LISTA DE FIGURAS

|           |   |                                                             |    |
|-----------|---|-------------------------------------------------------------|----|
| Figura 01 | – | Planejamento de voo feito no Google Earth Pro.....          | 21 |
| Figura 02 | – | ARP modelo PHANTON 4 RTK.....                               | 23 |
| Figura 03 | – | GNSS-RTK modelo X-91 e seus acessórios.....                 | 24 |
| Figura 04 | – | Ortomosaico do conjunto Santa Delmira, em Mossoró/RN.....   | 25 |
| Figura 05 | – | Edificação vetorizada manualmente com camada shapefile..... | 26 |
| Figura 06 | – | Configurações do Polygon.....                               | 27 |
| Figura 07 | – | Edificação vetorizada com o Polygon.....                    | 27 |
| Figura 08 | – | Mudança no parâmetro Minimum region size.....               | 28 |
| Figura 09 | – | Mudança no parâmetro Tiles size.....                        | 29 |
| Figura 10 | – | Edificação vetorizada com o OTB.....                        | 29 |
| Figura 11 | – | Recorte da quadra utilizada nos testes.....                 | 32 |
| Figura 12 | – | Resultado final da vetorização manual.....                  | 36 |
| Figura 13 | – | Resultado final da vetorização semiautomática.....          | 38 |
| Figura 14 | – | Resultado final da vetorização automática.....              | 41 |
| Figura 15 | – | Vértices analisados identificados na quadra.....            | 47 |
| Figura 16 | – | Vértices no Ponto A.....                                    | 48 |
| Figura 17 | – | Vértices no Ponto B.....                                    | 48 |
| Figura 18 | – | Vértices no Ponto C.....                                    | 49 |
| Figura 19 | – | Vértices no Ponto D.....                                    | 49 |
| Figura 20 | – | Vértices no Ponto E.....                                    | 50 |
| Figura 21 | – | Vértices no Ponto F.....                                    | 50 |
| Figura 22 | – | Edificação não vetorizada totalmente.....                   | 51 |
| Figura 23 | – | Edificação com telhado de cores diferentes.....             | 52 |
| Figura 24 | – | Polígono não identifica as bordas corretamente.....         | 52 |
| Figura 25 | – | Polígono cobrindo duas edificações diferentes.....          | 53 |
| Figura 26 | – | Polígono cobrindo calçada e edificação ao mesmo tempo.....  | 53 |
| Figura 27 | – | Polígono identifica mais bordas do que o necessário.....    | 53 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|            |   |                                                                    |    |
|------------|---|--------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 01 | – | Tempo individual de execução com a vetorização manual.....         | 34 |
| Gráfico 02 | – | Resultado do uso da ferramenta da vetorização manual.....          | 35 |
| Gráfico 03 | – | Resultado da qualidade visual da vetorização manual.....           | 35 |
| Gráfico 04 | – | Tempo individual de execução com a vetorização semiautomática..... | 37 |
| Gráfico 05 | – | Resultado do uso da ferramenta da vetorização semiautomática.....  | 37 |
| Gráfico 06 | – | Resultado da qualidade visual da vetorização semiautomática.....   | 38 |
| Gráfico 07 | – | Tempo individual de execução com a vetorização automática.....     | 39 |
| Gráfico 08 | – | Resultado do uso da ferramenta da vetorização automática.....      | 40 |
| Gráfico 09 | – | Resultado da qualidade visual da vetorização automática.....       | 40 |
| Gráfico 10 | – | Resultado do tempo médio gasto em cada tipo de vetorização.....    | 42 |
| Gráfico 11 | – | Valores médios de áreas.....                                       | 44 |
| Gráfico 12 | – | Valores médios de perímetros.....                                  | 45 |
| Gráfico 13 | – | Valores médios de quantidade de vértices.....                      | 46 |

## **LISTA DE MAPAS**

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Mapa 01 – Localização da quadra no conjunto Santa Delmira, em Mossoró/RN..... | 20 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE QUADROS

|           |   |                                                                    |    |
|-----------|---|--------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 01 | – | Análise de desempenho dos participantes.....                       | 33 |
| Quadro 02 | – | Cálculo dos parâmetros geométricos dos métodos de vetorização..... | 43 |
| Quadro 03 | – | Desvio padrão das coordenadas.....                                 | 51 |

## **LISTA DE TABELAS**

|           |   |                                                  |    |
|-----------|---|--------------------------------------------------|----|
| Tabela 01 | – | Parâmetros e resultados dos voos.....            | 22 |
| Tabela 02 | – | Parâmetros coletados na amostragem de dados..... | 30 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|      |                                          |
|------|------------------------------------------|
| OTB  | Orfeo Toolbox                            |
| QGIS | Quantum GIS                              |
| SIG  | Sistema de Informações Geográficas       |
| IPTU | Imposto Predial e Territorial Urbano     |
| SRC  | Sistema de Referência de Coordenadas     |
| ARP  | Aeronave Remotamente Pilotada            |
| GPS  | Sistema Global de Posicionamento         |
| GNSS | Sistema Global de Navegação por Satélite |

## SUMÁRIO

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1 INTRODUÇÃO.....                                                   | 17 |
| 2 OBJETIVOS.....                                                    | 19 |
| 2.1 Objetivo geral.....                                             | 19 |
| 2.2 Objetivos específicos.....                                      | 19 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS.....                                          | 20 |
| 3.1 Caracterização da área de estudo.....                           | 20 |
| 3.2 Levantamento aerofotogramétrico.....                            | 21 |
| 3.2.1 Planejamento de voo.....                                      | 21 |
| 3.2.2 Execução do voo e do levantamento.....                        | 22 |
| 3.2.3 Equipamentos.....                                             | 22 |
| 3.2.4 Processamento de dados.....                                   | 24 |
| 3.3 Métodos de vetorização.....                                     | 25 |
| 3.3.1 Vetorização manual com camada shapefile do Qgis.....          | 25 |
| 3.3.2 Vetorização semiautomática com o plugin Polygon do QGIS.....  | 26 |
| 3.3.3 Vetorização automática com o plugin OrfeoToolbox do Qgis..... | 27 |
| 3.4 Amostragem de dados.....                                        | 30 |
| 3.5. Análise comparativa.....                                       | 30 |
| 3.5.1 Análise a partir dos parâmetros de desempenho.....            | 30 |
| 3.5.2 Análise a partir dos parâmetros geométricos.....              | 31 |
| 3.5.3 Identificação de variações e erros.....                       | 31 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....                                      | 32 |
| 4.1 Ortomosaico da área de estudo.....                              | 32 |
| 4.2 Resultado da pesquisa durante os testes.....                    | 33 |
| 4.2.1 Vetorização manual.....                                       | 34 |
| 4.2.2 Vetorização semiautomática – Polygon.....                     | 36 |
| 4.2.3 Vetorização automática – Orfeo ToolBox.....                   | 39 |
| 4.3 Comparação entre o tempo de execução de cada método.....        | 42 |
| 4.4 Comparação dos parâmetros geométricos obtidos.....              | 43 |
| 4.4.1 Comparação das áreas.....                                     | 44 |
| 4.4.2 Comparação dos perímetros.....                                | 44 |
| 4.4.3 Comparação do número de vértices.....                         | 45 |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 4.5 Variações e erros identificados nos métodos..... | 46 |
| 4.5.1 Vetorização manual.....                        | 46 |
| 4.5.2 Vetorização semiautomática.....                | 51 |
| 4.5.3 Vetorização automática.....                    | 52 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                          | 54 |
| REFERÊNCIAS.....                                     | 56 |



## 1 INTRODUÇÃO

A necessidade de representar a realidade tem ganhado grande espaço nas áreas de construção civil e planejamento urbano, e desde que se tenha certa quantidade de informações como imagens georreferenciadas e um levantamento topográfico da área, é possível fazer essa representação. Na construção civil está inserida a construção de edificações, que quando edificadas em conjunto, formam núcleos urbanos habitacionais e/ou comerciais, até mesmo cidades. Para Figueroa (2006), a cidade tradicional deve ser entendida como um organismo urbano gerado por um longo processo histórico, onde a habitação coletiva é elemento base para a formação da mesma.

Hoje em dia, o poder público busca manter um crescimento urbano e populacional ordenado. Isso é interessante tanto para o poder público, como também para a comunidade, uma forma da gestão realizar planejamentos e investimentos adequados é com investimentos na área de infraestrutura. Um dos fatores que torna possível esse investimento é a coleta do IPTU junto aos moradores e proprietários dos imóveis existentes na área urbana. Silveira (2012) expõe que a cobrança do IPTU deve ser realizada com base no valor venal do imóvel, e os parâmetros utilizados no cálculo desse imposto são os elementos que compõem o cadastro fiscal imobiliário já existente, e também podem ser coletados *in loco*, possibilitando assim, um cálculo justo e adequado do imposto através da caracterização do imóvel.

Portanto, o cadastro imobiliário torna-se essencial, pois com ele é possível se obter dados como tamanho do terreno, área construída, localização, etc, fatores que influenciam diretamente no valor de cada imóvel. De acordo com Fonseca (2010), o cadastro imobiliário é usado com o intuito de melhorar a fiscalização, gerenciamento, planejamento e desenvolvimento urbano, através de técnicas cartográficas e das leis vigentes.

Para Pereira (2009), o cadastro imobiliário é um conjunto de dados e características sobre os imóveis urbanos e valores dos mesmos, e pode ser utilizado como subsídio para uma possível preparação de um plano diretor, também para a elaboração de leis sobre loteamento e ocupação do solo.

Para a coleta adequada e justa desse imposto, é necessário que o poder público tenha um cadastro imobiliário atualizado, contendo dados e informações verídicas a respeito dos imóveis existentes na área, evitando dessa forma uma coleta defasada do imposto, o que contribuiria negativamente para o crescimento do município e da população. Para De Cesare (2018), é essencial que seja feita uma avaliação em massa de imóveis, para que a arrecadação e cobrança do maior número de contribuintes possível seja realizada, não menos importante, é necessário

que os municípios monitorem o grau de atualização desses cadastros, o seu nível e também a eficiência nas arrecadações e cobranças.

Para a manutenção dos cadastros atualizados, é preciso que a base cartográfica também se mantenha atualizada, isso acarretará em benefícios para o município, consequentemente, com essas informações atualizadas o poder público pode visualizar melhor a situação das informações pertinentes ao planejamento urbano (LOCH; ERBA, 2007).

Com a necessidade e importância do cadastro imobiliário urbano, é muito importante a obtenção de dados de qualidade e confiáveis sobre a área desejada, portanto, através da utilização de técnicas de geoprocessamento e mapeamento, é possível coletar esses dados, analisá-los e ainda compará-los com a realidade. Atualmente, existe um sistema computacional que facilita a coleta da maior parte desses dados, o mesmo armazena informações espaciais que admitem uma leitura interativa por meio da utilização de elementos gráficos, chamado de SIG – Sistema de Informações Geográficas, tornando possível a manutenção do cadastro imobiliário sempre atualizado (FERNANDES, et al., 2021).

O mapeamento dessas áreas que necessitam da atualização do cadastro imobiliário urbano é feito através de levantamento topográfico e aerofotogramétrico, para Lino (2018), a fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia que realiza a aquisição de informações de objetos físicos e do meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens geográficas, que têm como objetivo adquirir informações confiáveis sobre a superfície terrestre sem a necessidade de contato físico com a mesma, e também quantificar e entender essas informações.

Esse levantamento é feito com ARP – Aeronave Remotamente Pilotada, popularmente chamada de drone e operada sem nenhum piloto a bordo (ANAC, 2015), que é essencial para o cadastro imobiliário, pois com ela é possível a obtenção de imagens de alta resolução da área desejada, que com o auxílio do processamento, trará dados reais e confiáveis sobre os terrenos e imóveis existentes.

Em virtude da necessidade e importância da atualização do cadastro imobiliário urbano, através da vetorização de edificações, das dificuldades em fazer esse processo manualmente, e também da falta de referencial teórico sobre esse tema, mostra-se importante o estudo de técnicas de vetorização alternativas à já existente, portanto, o presente trabalho tem como objetivo comparar novos métodos de vetorização com o método utilizado atualmente, buscando-se obter resultados cada vez mais precisos e próximos da realidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Avaliar a viabilidade de métodos de vetorização automáticos e semiautomáticos de ortofotos produzidas por Aeronaves Remotamente Pilotadas para fins de atualização do cadastro de imóveis urbanos.

### **2.2 Objetivos específicos**

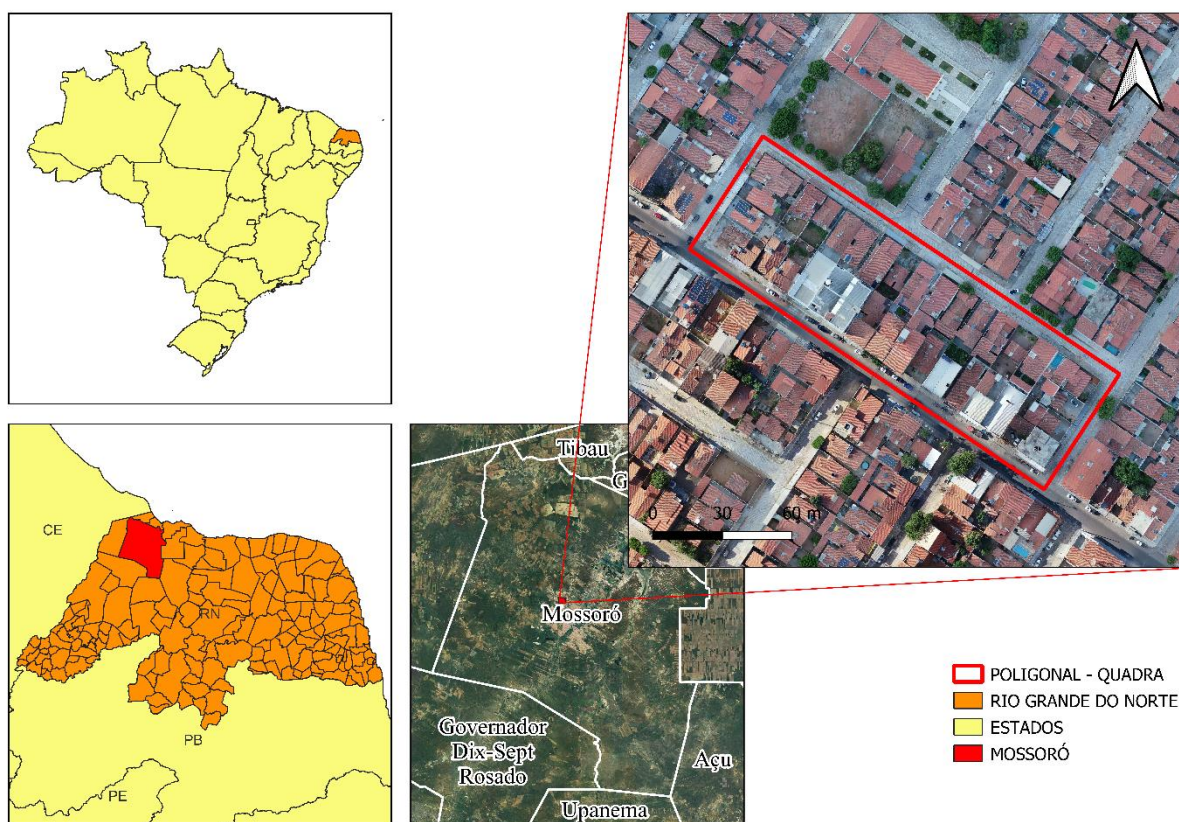
- Identificar métodos de vetorização automáticos e semiautomáticas com potencial para uso no mapeamento de edificações;
- Aplicar os métodos identificados na vetorização de edificações em uma área de teste;
- Comparar os procedimentos e os resultados gerados pelos métodos propostos com os produtos padrões gerados pela vetorização manual (método de referência).
- Determinar se os métodos alternativos podem ser usados de maneira satisfatória para vetorização de edificações em demandas de atualização cadastral de imóveis urbanos.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo escolhido foi uma quadra de relevo plano do conjunto Santa Delmira, localizado no município de Mossoró/RN. A mesma é limitada pela Rua Severina Maria Ferreira ao norte, Rua Desembargador José Mozart Estigarriga Menescal à leste, Avenida Santa Luzia ao sul e Rua Aristídes de Freitas à oeste. A quadra está representada no Mapa 01 a seguir:

**Mapa 01:** Localização da quadra no conjunto Santa Delmira, em Mossoró/RN.



**Fonte:** Autoria Própria.

A quadra de estudo deste trabalho é parte de um aerolevantamento maior que foi realizado no conjunto e foi construída pela Companhia de Habitação Popular (COHAB) no ano 1980, e possui uma área total de 9.003,652 m<sup>2</sup>, incluindo edificações, calçadas e espaços livres, a mesma é dividida em 34 lotes (residenciais, comerciais e mistos). Por ser uma área composta por lotes habitacionais e também comerciais, torna-se um espaço representativo de como é uma área urbana de fato, portanto é uma área adequada para ser utilizada nos testes deste trabalho.



### 3.2.2 Execução do voo e do levantamento

Com a delimitação da área a ser sobrevoada, foram definidos os parâmetros utilizados para a realização do voo da ARP de acordo com o padrão já utilizado pelo Acesso à Terra Urbanizada, pois já são conhecidos e entregam resultados de boa qualidade, que são a altura de voo, sobreposição horizontal e vertical, alguns desses parâmetros foram definidos pelo próprio aplicativo como a velocidade de voo, tempo estimado e quantidade de imagens que foram captadas, a Tabela 01 a seguir apresenta todos os dados do voo que foi realizado.

**Tabela 01:** Parâmetros e resultados dos voos.

| Parâmetros e resultados | Voo da área   |
|-------------------------|---------------|
| Altura de voo           | 100 metros    |
| Velocidade de voo       | 7,9 m/s       |
| Sobreposição horizontal | 70 %          |
| Sobreposição vertical   | 80 %          |
| GSD                     | 5,69 cm/pixel |
| Tempo de voo            | 59m 50s       |
| Quantidade de imagens   | 1505          |

**Fonte:** Autoria própria.

Com os parâmetros de voo e a delimitação da área definidos foi realizada a parte do trabalho de campo, que é a execução do planejamento por meio de levantamento aerofotogramétrico feito com a ARP, locação e distribuição dos Pontos de Controle – PC e Pontos de Verificação – PV através da colocação de alvos artificiais nos locais indicados e a obtenção das coordenadas desses alvos com o GNSS-RTK, os alvos foram distribuídos de forma equidistantes para garantir uma boa precisão e acurácia no processamento.

As baterias da ARP têm em média 15 minutos de autonomia de voo, portanto, para que a ARP cobrisse toda área desejada foi necessário pausar o voo e efetuar a troca de baterias, logo após as trocas a aeronave retornava de onde tinha parado e continuava o levantamento.

### 3.2.3 Equipamentos

No levantamento dos dados foi utilizada a ARP – Aeronave Remotamente Pilotada de modelo PHANTOM 4 RTK, fabricada pela DJI (Figura 02), as aeronaves dessa categoria, como o próprio nome já diz, traz como sua característica principal a capacidade de realizar voos sem



nenhum piloto a bordo, são equipamentos controlados por um sistema de GPS e fazem a captura de imagens geralmente através de um sensor que fica anexado ao seu corpo (SILVA JÚNIOR; FERREIRA, 2008). Essa ARP é um equipamento bastante utilizado em levantamentos que têm como objetivo obter ortofotos de uma área.

**Figura 02:** ARP modelo PHANTOM 4 RTK.



**Fonte:** Acesso à Terra Urbanizada.

Para que as imagens coletadas fossem georreferenciadas com a acurácia adequada a ARP precisou trabalhar em conjunto com um GNSS-RTK, nesse caso foi utilizado o modelo X-91, fabricado pela CHC (Figura 03), que é um equipamento baseado em sistemas de satélites de navegação global, utilizado para se obter coordenadas de um ponto qualquer e é formado por dois receptores – GNSS base E GNSS rover, que mantém comunicação entre si via rádio para realização de triangulação e também se comunicam com satélites para fazer correções de suas posições separadamente (MONICO, 2008).

O GNSS BASE foi fixado com um tripé num local livre de interferências e o ROVER é a parte que se movimenta junto com o(a) operador(a), o mesmo é fixado em um bastão e trabalha em conjunto com uma coletora (palmtop) para obter as coordenadas dos pontos de controle e de verificação, tornando possível georreferenciar as imagens.

**Figura 03:** GNSS-RTK modelo X-91 e seus acessórios.



**Fonte:** Acesso à Terra Urbanizada.

### 3.2.4 Processamento de dados

O processo de georreferenciamento de imagens assimila uma transformação geométrica que relaciona as coordenadas de determinada imagem com as coordenadas de um determinado SIG. Feita esta associação, com a projeção cartográfica obtida é possível estabelecer um mapeamento entre coordenadas de imagem e coordenadas geográficas (QUEIROZ, 2002).

Com as 1505 imagens georreferenciadas capturadas pela ARP e as coordenadas que foram obtidas com o levantamento, foi feito o processamento desses dados alinhando essas imagens georreferenciadas. Por meio do software *Agisoft Metashape*, foi realizada a sobreposição das mesmas, lembrando que foram excluídas as imagens com precisão menor que 0,60 e o restante das imagens foram alinhadas com precisão elevada. Foram corrigidas as distorções geométricas, obtendo dessa forma o ortomosaico (Figura 04), imagem de alta qualidade com resolução de 5,69 cm/pixel, do conjunto Santa Delmira, onde está contida a quadra objeto de estudo deste trabalho. Para Bastian (2013), esse ortomosaico pode ser definido como sendo o produto fotogramétrico obtido através de fotografias onde a imagem resultante atenda aos princípios da projeção ortogonal, e que as deformações de perspectivas derivadas do processo de captura fotográfica sejam corrigidas.



**Figura 04:** Ortomosaico do conjunto Santa Delmira, em Mossoró/RN.



Fonte: Acesso à Terra Urbanizada.

### 3.3 Métodos de vetorização

#### 3.3.1 Vetorização manual com camada shapefile do Qgis

No processo de vetorização manual o operador realiza a extração do objeto desejado por meio de sua interpretação do que está projetado no *software*, ou seja, o objeto extraído vai depender exclusivamente da habilidade de identificação do operador (MOURA, 2017).

Esse é o método padrão para vetorização de edificações, nesse caso, o técnico responsável pelo mapeamento identificou as edificações a partir de sua cobertura, e realizou a criação dos polígonos correspondentes clicando nos vértices e pontos de referência que delimitam a edificação, isso foi possível graças a resolução obtida no ortomosaico. A Figura 05 abaixo traz um exemplo de vetorização manual, onde os vértices estão detalhados de vermelho e a edificação vetorizada em tom verde.

**Figura 05:** Edificação vetorizada manualmente com camada shapefile.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

### 3.3.2 Vetorização semiautomática com o plugin *Polygon* do QGIS

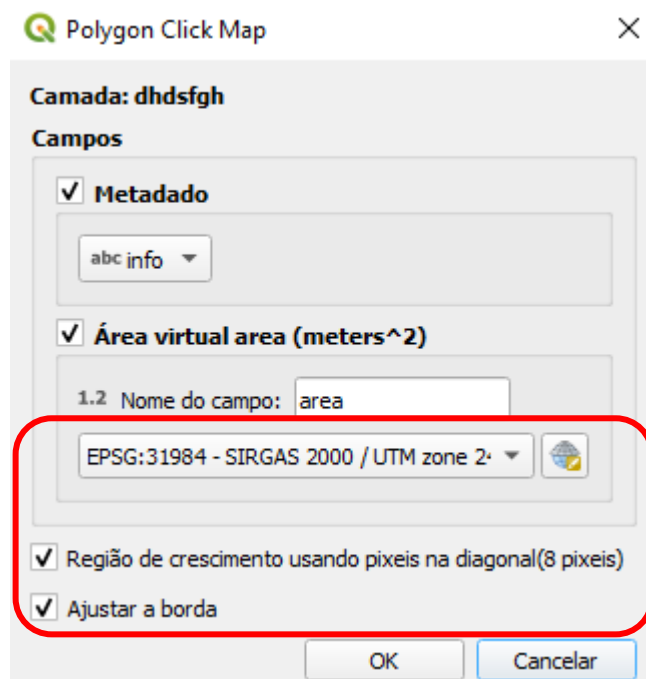
A vetorização semiautomática é caracterizada pela interação do operador com o sistema, que ocorre o tempo todo, ou seja, o operador é responsável por tomar decisões e os algoritmos como o de crescimento de regiões realizam uma busca por grupos de pixels com alguma propriedade de similaridade, caracterizando os pixels de uma área com brilho similar como pertencentes a uma mesma região (GATO; IMAI; TOMMASELLI, 2001).

Nesse trabalho, o método foi feito com o plugin *Polygon*, inicialmente foi necessário instalá-lo diante da necessidade de uso, pois ele não é uma ferramenta nativa do pacote do QGIS.

Como referência, foi utilizado o ortomosaico processado no *Agisoft Metashape*, e, além dessa imagem raster, foi necessário a criação de uma nova camada shapefile onde foram inseridos os polígonos detectados com o auxílio do plugin. Antes de ativar o plugin, foi essencial a configuração de alguns parâmetros. Primeiramente foi necessário abrir a tabela de atributos da camada shapefile e criar um novo campo do tipo 'texto', feito isto abriu-se as configurações do plugin e foi colocado o SRC do projeto e ativou-se as duas últimas caixas de texto, como mostrado na Figura 06 abaixo.

Com o *Polygon* ativado e devidamente configurado, bastou clicar dentro da área que se desejava vetorizar e o plugin através da leitura de pixels fez automaticamente o desenho dos limites da edificação (Figura 07).

**Figura 06:** Configurações do Polygon.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 07:** Edificação vetorizada com o Polygon.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

### 3.3.3 Vetorização automática com o plugin *OrfeoToolbox* do Qgis

O OTB é uma ferramenta que agrupa pixels semelhantes, formando os chamados segmentos, o que dá o nome de processo de segmentação. Segundo Gonzalez e Woods (2000), a função principal da segmentação é fazer a divisão da imagem em regiões que a compõem, onde o nível de detalhamento vai variar de acordo com o propósito da segmentação, portanto, o processo finaliza quando as regiões desejadas forem detectadas.

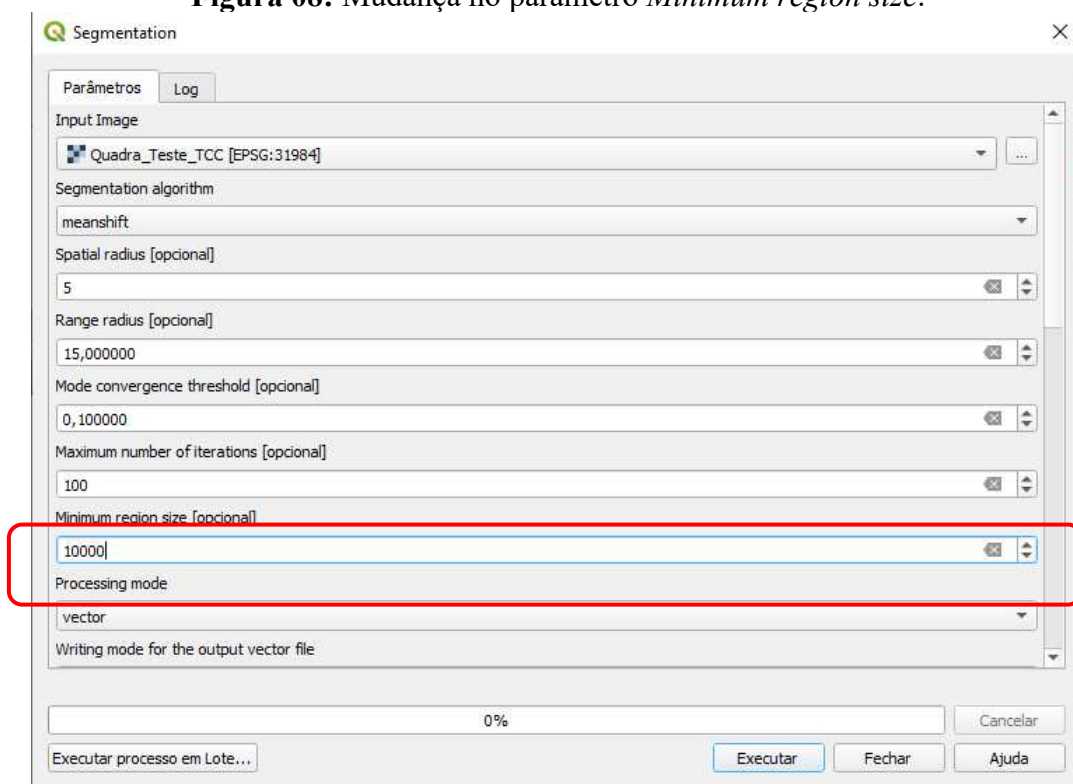
Como esse processo de vetorização automática é feito a partir da segmentação da área de interesse, Almeida et al., (2012) expõe que essa segmentação insere o contexto do pixel na

classificação, considerando as características da área e não somente os valores espectrais dos pixels.

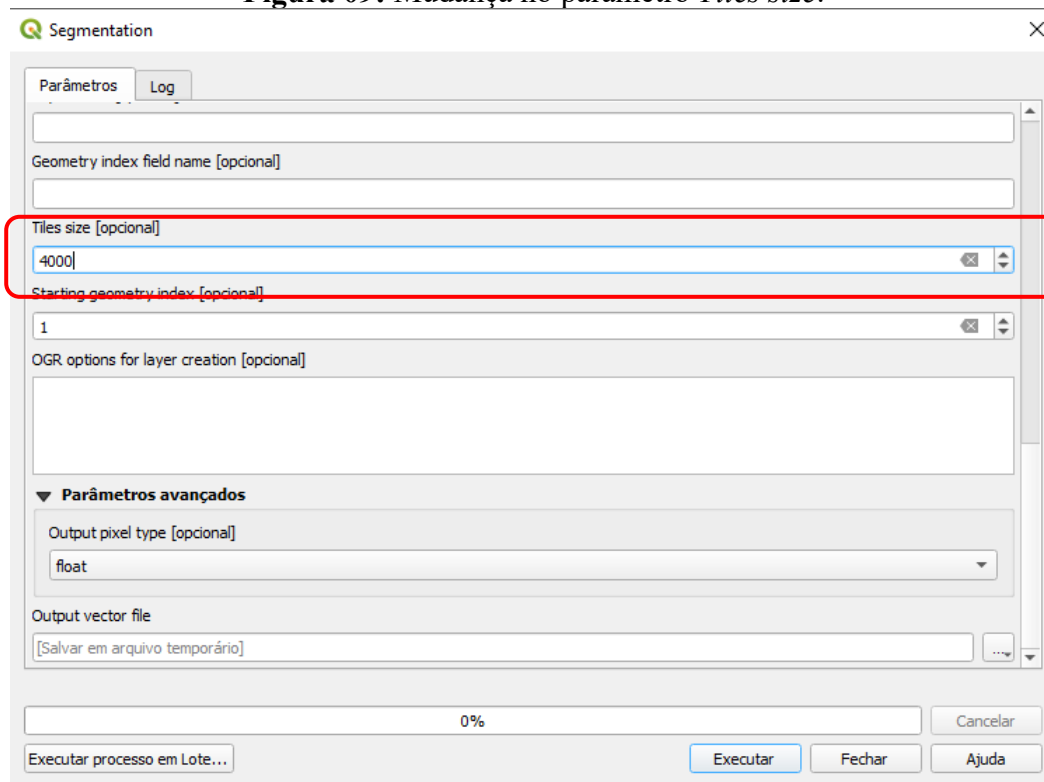
De início, o processamento das imagens é feito com um algoritmo de segmentação que estabelece regiões homogêneas na imagem e a classificação final é feita com base nessas regiões e não nos valores dos pixels. O primeiro passo para utilização desse plugin foi instalá-lo no computador, ele não é um plugin comum, teve que ser instalado através do seu próprio site e foi instalado juntamente com o computador e com o Qgis.

Depois de instalado, foi preciso ajustar alguns parâmetros na aba de segmentação antes de iniciar sua execução, como o “*Minimum region size*” que é responsável por fazer a mesclagem de polígonos vizinhos, portanto, quanto maior for o valor escolhido menos polígonos serão gerados, então esse parâmetro deve ser ajustado de acordo com a área de estudo, nesse caso como o foco é identificar edificações, deixando seu valor entre 9000 e 11000 o plugin apresentou resultados satisfatórios (Figura 08), outro parâmetro que teve de ser alterado foi o “*Tiles size*”, que é responsável por dividir os polígonos gerados em quadrantes, o que não é interessante para o estudo desse trabalho, então seu valor foi alterado para 4000, gerando um produto final sem divisões (Figura 09).

**Figura 08:** Mudança no parâmetro *Minimum region size*.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 09:** Mudança no parâmetro *Tiles size*.

**Fonte:** Autoria própria (2023).

O arquivo a ser gerado foi salvo com o nome “.shp” no final para que não houvesse erro no processamento. Tendo ajustado esses parâmetros, foi possível gerar o produto desejado e vetorizado no Qgis, porém, o produto gerado necessitou de uma etapa a mais (manual), chamada de refinamento, pois o plugin gerou polígonos na imagem inteira, então foi necessário deletar polígonos que não eram edificações e unir polígonos que faziam parte de uma mesma edificação para finalizar o processo. A Figura 10 abaixo mostra como é o produto gerado pela vetorização automática sendo refinado com a união de dois polígonos antes do refinamento e após o refinamento.

**Figura 10:** Edificação vetorizada com o OTB.

**Fonte:** Autoria própria (2023).



### 3.4 Amostragem de dados

Foram feitos alguns testes com membros do Núcleo Acesso à Terra Urbanizada da UFERSA, com experiência comprovada em atividades de geoprocessamento e vetorização de edificações vinculadas as atividades de regularização fundiária urbana. No total os testes foram realizados com 10 participantes com o objetivo de coletar dados e parâmetros como tempo gasto e produtos finais gerados, para efeito de comparação entre os diferentes métodos abordados neste trabalho.

Como mostra a Tabela 02, alguns dados foram coletados, como o tempo de execução que foi obtido com o auxílio de um cronômetro, e através da aplicação de uma tabela hedônica foram obtidas as opiniões de cada usuário sobre o uso da ferramenta (muito fácil, fácil, médio, difícil e muito difícil) e qualidade visual do projeto (muito ruim, ruim, razoável, bom e muito bom).

**Tabela 02:** Parâmetros coletados na amostragem de dados.

|                                    |                                                                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tempo de execução</b>           | Tempo cronometrado que cada participante levou para finalizar a vetorização das edificações presentes na quadra. |
| <b>Uso da ferramenta</b>           | Opinião dos usuários sobre a facilidade de manuseio da ferramenta para vetorização de edificações.               |
| <b>Qualidade visual do projeto</b> | Opinião dos usuários sobre a qualidade do produto final gerado pelos diferentes tipos de vetorização.            |

**Fonte:** Autoria própria (2023)

### 3.5. Análise comparativa

#### 3.5.1 Análise a partir dos parâmetros de desempenho

Foi gerado um quadro de dados desses parâmetros das vetorizações individuais de cada participante dos testes, a partir do qual, foi feita uma análise gráfica específica sobre cada parâmetro para os diferentes métodos de vetorização, tornando possível a comparação entre eles.

### 3.5.2 Análise a partir dos parâmetros geométricos

Os parâmetros geométricos precisaram ser analisados, pois dizem muito sobre o que cada tipo de vetorização identifica das edificações presentes na quadra estudada. Essa análise foi fundamental, pois forneceu dados sobre essas edificações, nesse caso, os parâmetros analisados foram área, perímetro e quantidade de vértices, com essas informações quantificadas podemos compreender como é o formato das edificações, seu tamanho e também entender como se dá a distribuição dos vértices nas vetorizações. Além disso, é possível avaliar a coerência entre áreas e perímetros calculados e identificar se os mesmos estão condizentes com a realidade. A análise da quantidade de vértices está ligada a complexidade de cada uma das edificações, pode-se identificar polígonos mal formados e também linhas que se cruzam erroneamente.

Analogamente a análise anterior, também foi gerado um quadro contendo informações a respeito das áreas, perímetros e quantidade de vértices calculados através da calculadora de campo do *Qgis*, com esses dados em mãos foi possível realizar a comparação entre os métodos através de análise gráfica.

### 3.5.3 Identificação de variações e erros

A partir da análise dos diferentes produtos obtidos na fase de amostragem, é possível identificar e listar as variações ocorridas pela execução dos testes, pois cada apresenta erros provenientes do fator humano agregado a cada método utilizado e também erros provenientes do processamento do próprio plugin.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Ortomosaico da área de estudo

A Figura 11 a seguir, mostra a quadra objeto de estudo deste trabalho, obtida através de um recorte do ortomosaico, a mesma possui de 9.003,652 m<sup>2</sup>, resolução espacial de 5,69 cm/pixel e precisão de georreferenciamento total de 13,19 cm, sendo 3,55 cm em X, 5,75 cm em Y e 11,32 cm em Z. Trabalhos como o de Nichetti e Silva (2016) demonstram que a metodologia utilizada para obtenção dessas imagens traz confiabilidade mínima de 95% ao comparar medidas de fachadas obtidas por meio de imagens realizadas por ARP's utilizando como parâmetro medições in loco com trenas, comparando também com imagens orbitais.

**Figura 11:** Recorte da quadra utilizada nos testes



**Fonte:** Autoria própria.



## 4.2 Resultado da pesquisa durante os testes

Como resultado da amostragem realizada com os membros do Núcleo Acesso à Terra urbanizada, obtém-se o Quadro 01 a seguir preenchida com as informações coletadas:

**Quadro 01:** Resultado dos testes realizados com os três tipos de vetorização.

| USUÁRIO                            | MANUAL      |                   |                             | POLYGON     |                   |                             | ORFEO TOOLBOX |                   |                             |
|------------------------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-----------------------------|---------------|-------------------|-----------------------------|
|                                    | TEMPO GASTO | USO DA FERRAMENTA | QUALIDADE VISUAL DO PROJETO | TEMPO GASTO | USO DA FERRAMENTA | QUALIDADE VISUAL DO PROJETO | TEMPO GASTO   | USO DA FERRAMENTA | QUALIDADE VISUAL DO PROJETO |
| 1                                  | 00:21:03    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:40:24    | MÉDIO             | MUITO RUIM                  | 00:42:09      | MUITO FÁCIL       | BOM                         |
| 2                                  | 00:25:37    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:30:07    | MUITO FÁCIL       | RUIM                        | 00:39:29      | FÁCIL             | MUITO BOM                   |
| 3                                  | 00:10:01    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:20:43    | MUITO FÁCIL       | MUITO RUIM                  | 00:34:06      | FÁCIL             | BOM                         |
| 4                                  | 00:23:02    | FÁCIL             | BOM                         | 00:29:04    | FÁCIL             | RUIM                        | 00:41:29      | FÁCIL             | RAZOÁVEL                    |
| 5                                  | :00:13:09   | FÁCIL             | BOM                         | 00:26:31    | MÉDIO             | MUITO RUIM                  | 00:31:08      | FÁCIL             | RAZOÁVEL                    |
| 6                                  | 00:23:18    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:38:36    | FÁCIL             | MUITO RUIM                  | 00:41:12      | FÁCIL             | RAZOÁVEL                    |
| 7                                  | 00:19:14    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:22:58    | MUITO FÁCIL       | MUITO RUIM                  | 00:27:26      | FÁCIL             | RAZOÁVEL                    |
| 8                                  | 00:16:12    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:33:00    | MUITO FÁCIL       | MUITO RUIM                  | 00:47:20      | MÉDIO             | RAZOÁVEL                    |
| 9                                  | 00:32:19    | FÁCIL             | BOM                         | 00:50:56    | FÁCIL             | MUITO RUIM                  | 00:29:34      | MÉDIO             | BOM                         |
| 10                                 | 00:20:42    | MÉDIO             | MUITO BOM                   | 00:36:24    | MUITO FÁCIL       | MUITO RUIM                  | 00:43:01      | MUITO FÁCIL       | RUIM                        |
| MÉDIA DO TEMPO E MODA DAS OPINIÕES | 00:20:27    | FÁCIL             | MUITO BOM                   | 00:32:52    | MUITO FÁCIL       | MUITO RUIM                  | 00:37:41      | FÁCIL             | RAZOÁVEL                    |

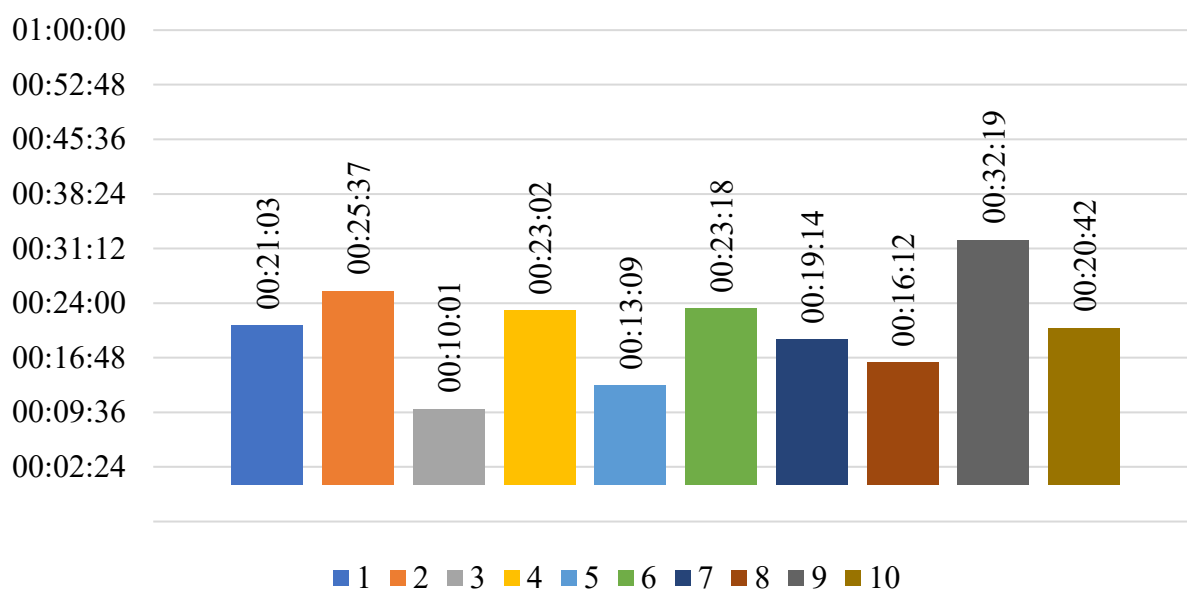
**Fonte:** Autoria própria (2023).

De acordo com a tabela mostrada acima, é possível verificar que os resultados dos testes realizados com os voluntários apresentaram resultados semelhantes no que diz respeito ao uso das ferramentas utilizadas nas vetorizações: a manual foi classificada predominantemente como fácil, a semiautomática como muito fácil e a automática como fácil, por outro lado os resultados dos outros dois parâmetros analisados – tempo de execução e qualidade visual final mostraram-se bem distintos entre si, onde a manual obteve o menor tempo médio de execução (00:20:27), a semiautomática vem em seguida com 00:32:52 e por último a automática com tempo de execução médio de 00:37:41, a respeito da qualidade do produto final a manual foi classificada como tendo um produto final muito bom, a semiautomática muito ruim e a automática foi classificada como tendo um produto final razoável.

#### 4.2.1 Vetorização manual

De acordo com o que foi mostrado na Quadro 01, os testes feitos para a vetorização manual apontaram resultados positivos segundo a opinião dos participantes. No Gráfico 01 a seguir, temos o detalhamento do tempo individual de execução de cada participante, onde o menor tempo de execução observado foi de dez minutos e um segundo (00:10:01) e o maior foi de trinta e dois minutos e 10 segundos (00:32:19), a diferença de tempo desses dois foi de exatamente vinte e dois minutos e dezoito segundos (00:22:18), e o tempo médio dentre todos os testes executados foi de vinte minutos e vinte e sete segundos (00:20:27), o que mostra que o tempo de execução deste tipo de vetorização apesar de seguir sempre o mesmo padrão depende bastante da habilidade de quem estiver operando o software, independentemente da capacidade da máquina, já que todos os testes foram realizados com o mesmo computador.

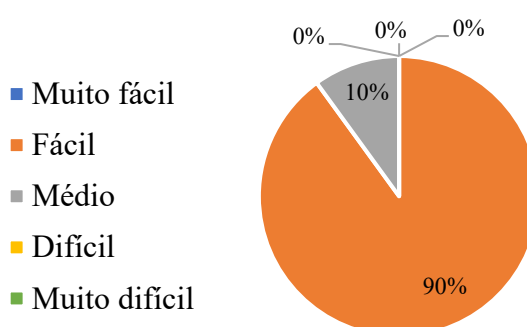
**Gráfico 01:** Tempo individual de execução com a vetorização manual, Autoria própria (2023).



O Gráfico 02 mostra o resultado da opinião de todos os participantes dos testes em relação a utilização da ferramenta manual de vetorização, onde 90% dos participantes classificaram o método como ‘Fácil’ de executar e 10% classificaram como ‘Muito fácil’. Isso

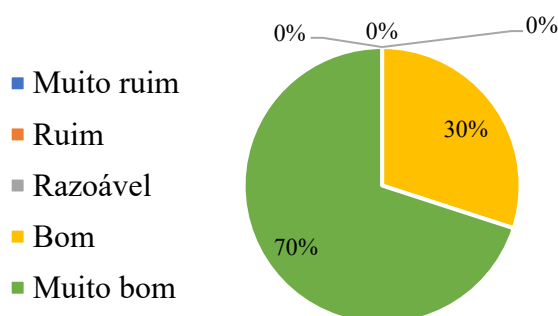
porque o método manual é o que os participantes já estão habituados a realizar no Núcleo Acesso a Terra Urbanizada.

**Gráfico 02:** Resultado do uso da ferramenta da vetorização manual, Autoria própria (2023).



Por sua vez, o Gráfico 03 abaixo, que trata da qualidade visual do produto final da vetorização, é possível observar que os resultados como um todo tiveram uma classificação positiva, onde 70% classificou a qualidade final do produto gerado como 'Muito bom' e 30% classificaram como 'Bom'.

**Gráfico 03:** Resultado da qualidade visual da vetorização manual, Autoria própria (2023).



A Figura 12 abaixo traz um dos resultados finais da vetorização manual, feito por um dos participantes.

**Figura 12:** Resultado final da vetorização manual.

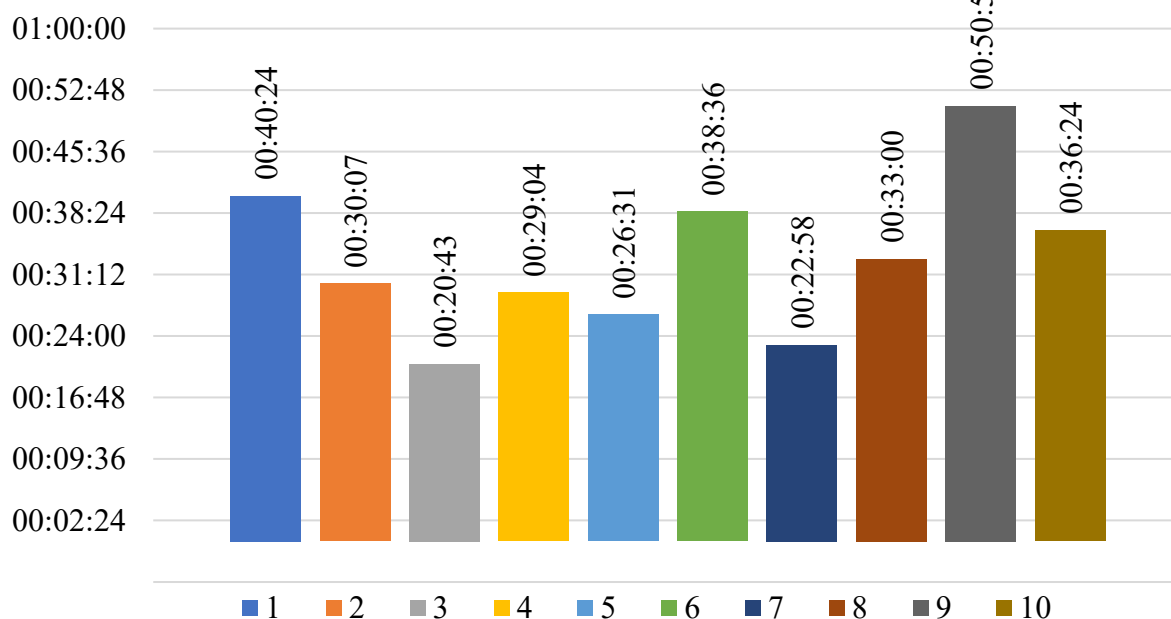


**Fonte:** Autoria própria (2023).

#### 4.2.2 Vetorização semiautomática – Polygon

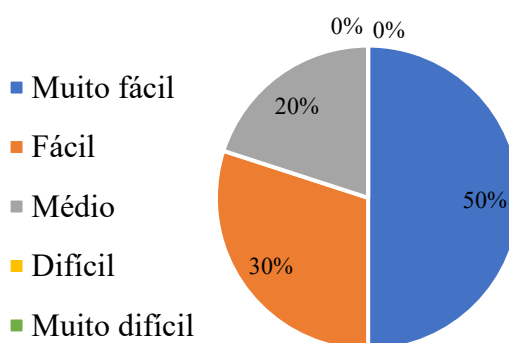
Pode-se notar que em sua maioria o método de vetorização semiautomática exigiu uma cota de tempo elevada para sua execução (Gráfico 04). Analogamente ao processo manual, o menor tempo de execução foi de vinte minutos e quarenta e três segundos (00:20:43) e o maior foi de cinquenta minutos e cinquenta e seis segundos (00:50:56), a diferença de tempo entre os mesmos foi de trinta minutos e treze segundos (00:30:13), e o tempo médio calculado foi de trinta e dois minutos e cinquenta e dois segundos (00:32:52), mas nesse caso semiautomatizado de vetorização o parâmetro da habilidade não pode ser citado como maior causador da diferença de tempos ou do elevado tempo de execução, pois como citado anteriormente, o processamento semiautomático é feito com auxílio de um plugin, chamado Polygon, e por se tratar de um método semiautomatizado, o operador não controla o tempo de processamento.

**Gráfico 04:** Tempo individual de execução com a vetorização semiautomática, Autoria própria (2023).



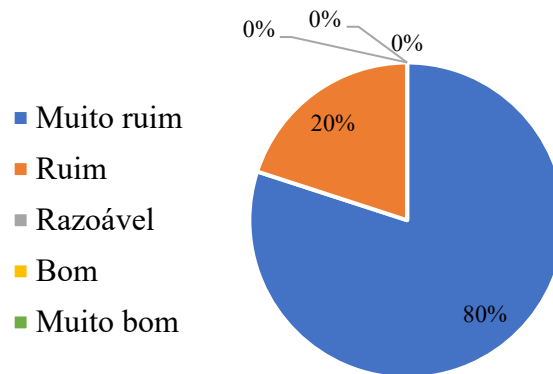
A vetorização semiautomatizada tem um método de execução relativamente simples, o que pode ser comprovado pelo Gráfico 05 abaixo, onde 50% dos participantes classificaram a execução do método como ‘Muito fácil’, 30% classificaram como ‘Fácil’ e os outros 20% classificaram como ‘Médio’.

**Gráfico 05:** Resultado do uso da ferramenta da vetorização semiautomática, Autoria própria (2023).



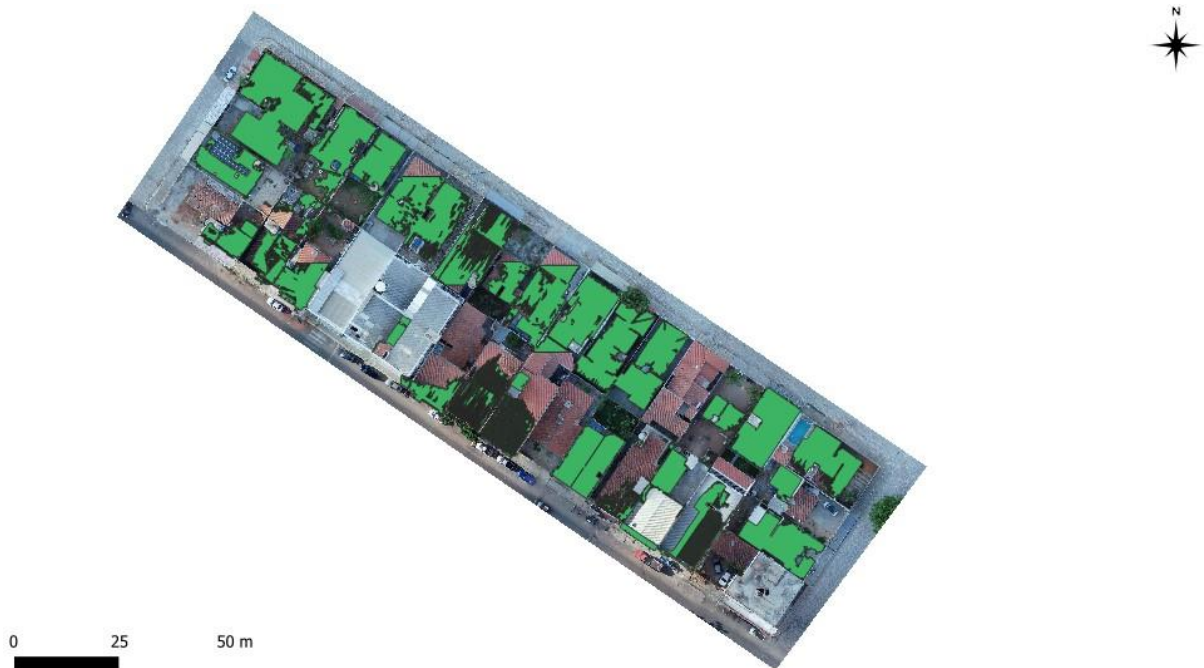
Ao contrário da vetorização manual, a semiautomática não gerou um produto final de boa qualidade, o que é evidenciado com o Gráfico 06 a seguir, que mostra a classificação do produto final gerado pelo método semiautomático, onde 80% dos participantes o classificaram como ‘Muito ruim’ e 20% o classificaram como ‘Ruim’.

**Gráfico 06:** Resultado da qualidade visual da vetorização semiautomática, Autoria própria (2023).



Como exemplo de um resultado final da vetorização semiautomática, a Figura 13 mostra o produto final obtido no teste de um dos participantes.

**Figura 13:** Resultado final da vetorização semiautomática.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

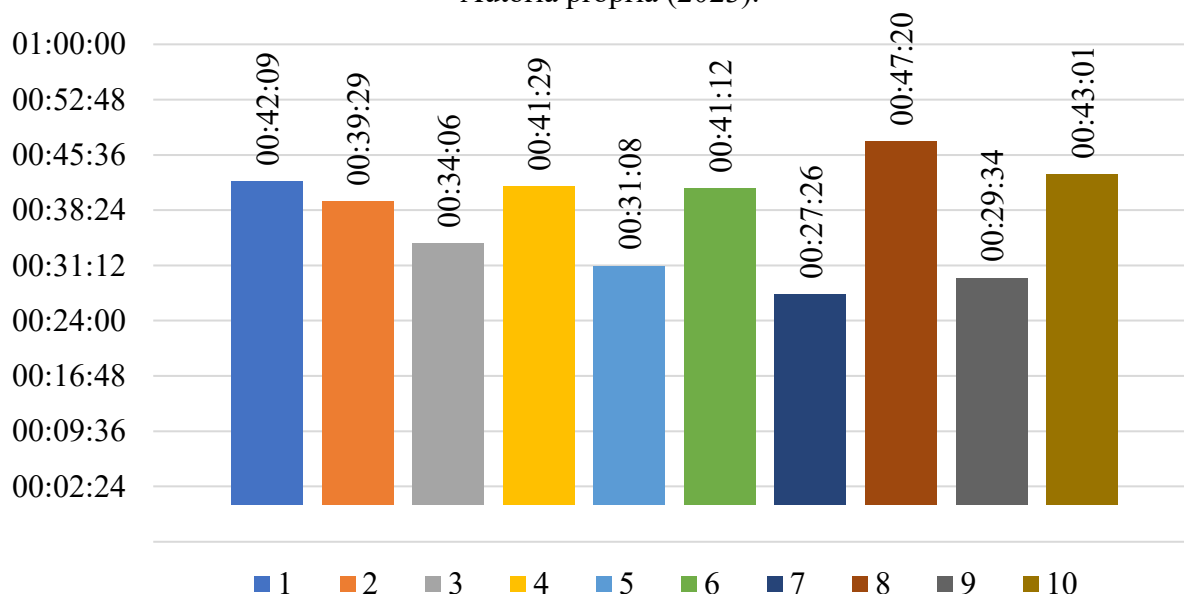
Em grande parte, essa classificação negativa se deu por conta da inconstância do plugin, onde o mesmo não conseguiu identificar todas as edificações da quadra estudada, e em alguns casos não se encaixava perfeitamente na edificação, isso gerou vetorizações incompletas e imprecisas.

### 4.2.3 Vetorização automática – *Orfeo ToolBox*

O Gráfico 07 abaixo, traz os tempos de execução individuais do método de vetorização automática, que é feita com o auxílio do plugin *Orfeo ToolBox*. O gráfico mostra que se comparado aos outros métodos, esse foi o que obteve tempo de execução mais elevado, o menor tempo foi de vinte e sete minutos e vinte e seis segundos (00:27:26) e o maior foi de quarenta e sete minutos e vinte segundos (00:47:20), resultando numa diferença de dezenove minutos e cinquenta e quatro segundos (00:19:54) entre maior e menor tempo, e seu tempo médio de execução foi de trinta e sete minutos e quarenta e um segundos (00:37:41).

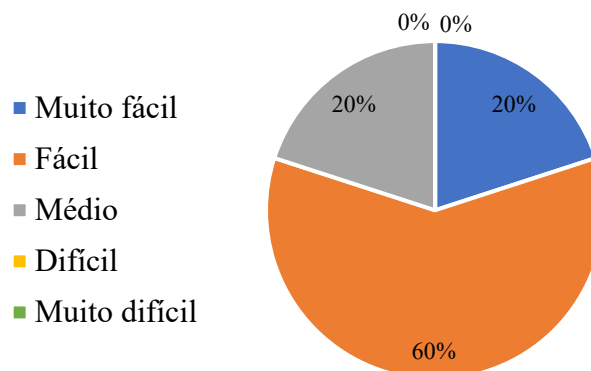
A partir da análise gráfica, é possível observar que nesse método os tempos foram mais aproximados entre si do que nos métodos anteriores, isso ocorreu, pois, a área a ser vetorizada era a mesma em todos os testes e o método é automático, feito apenas com um ajuste inicial de parâmetros, e um posterior refinamento do produto final, a diferença notada nos tempos veio justamente desse refinamento.

**Gráfico 07:** Tempo individual de execução com a vetorização automática, Autoria própria (2023).



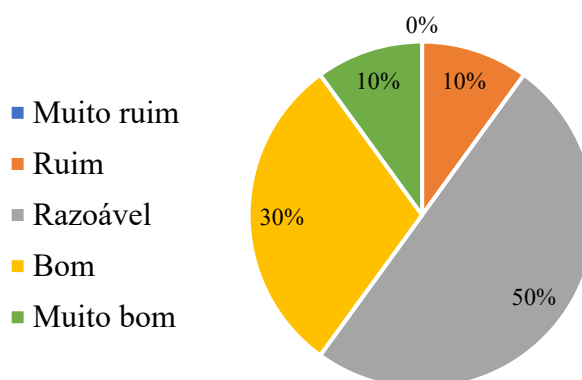
A utilização da ferramenta OTB teve uma classificação satisfatória. A maior parte do processamento é feita automaticamente e, após o processamento é feito um breve refinamento do produto gerado de forma manual para que a identificação das edificações se torne mais precisa. Dos participantes envolvidos nos testes, 20% classificou a utilização da ferramenta como ‘Muito fácil’, 60% classificaram como ‘Fácil’ e os 20% restantes classificaram como ‘Médio’, como mostrado no Gráfico 08 a seguir:

**Gráfico 08:** Resultado do uso da ferramenta da vetorização automática, Autoria própria (2023).



A qualidade visual do produto final gerado pela vetorização com o OTB obteve resultados aceitáveis, 10% dos participantes classificaram a qualidade como ‘Muito bom’, 30% como ‘Bom’, 50% como ‘Razoável’ e 10% como ‘Ruim’ (Gráfico 09).

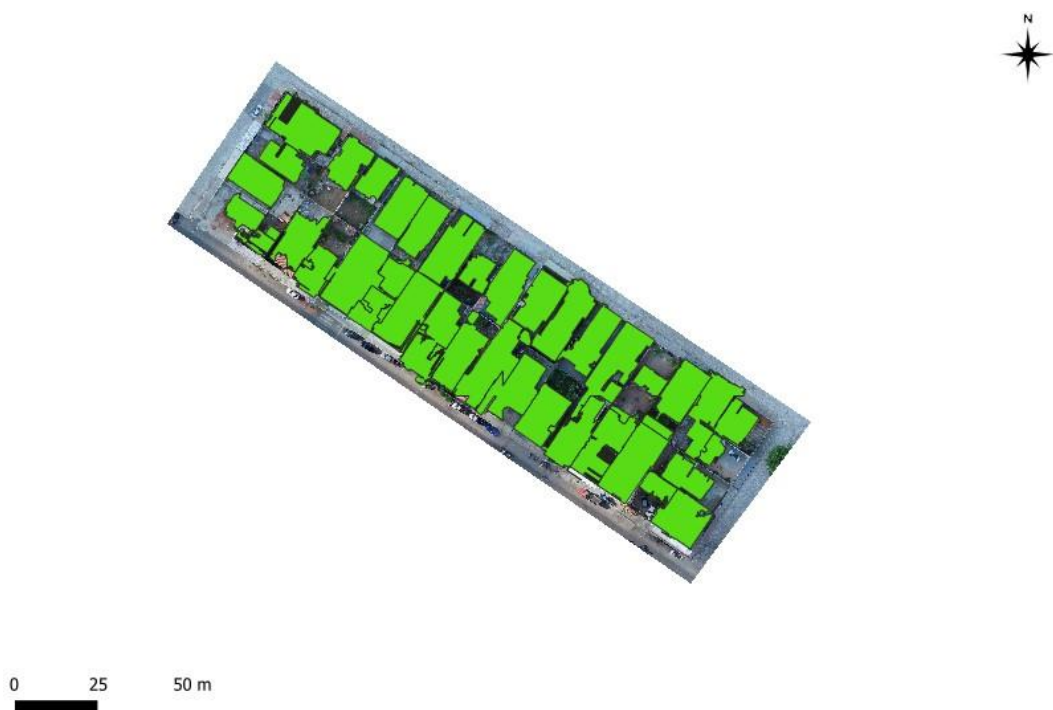
**Gráfico 09:** Resultado da qualidade visual da vetorização automática, Autoria própria (2023).



Abaixo é mostrado um exemplo de produto final de vetorização automática realizado por um participante dos testes (Figura 14).



**Figura 14:** Resultado final da vetorização automática.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

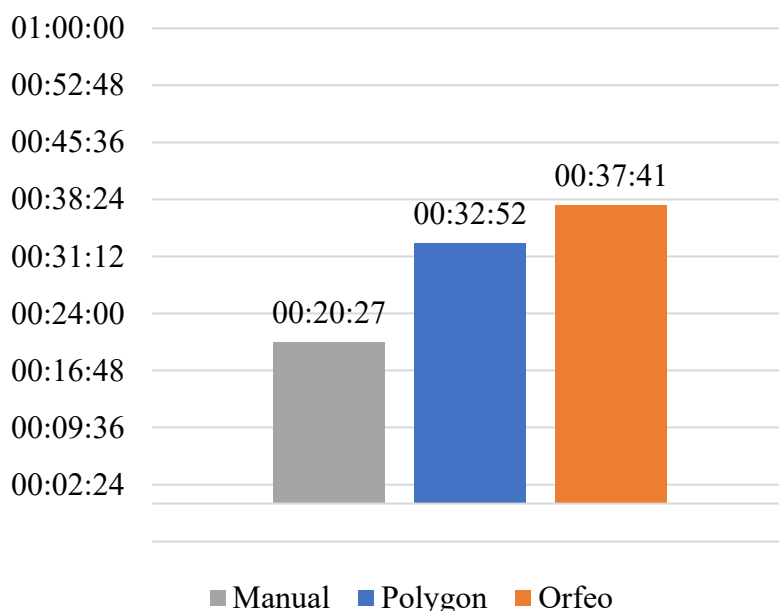
O produto final da vetorização automática se sobressai em relação a vetorização semiautomática e se aproxima da vetorização manual, sua classificação se deu em sua maior parte como ‘Razoável’, porque apesar dela se aproximar do resultado gerado pela vetorização manual, ela ainda apresenta alguns erros de vetorização, principalmente nas leituras das bordas das edificações.

### 4.3 Comparação entre o tempo de execução de cada método

As médias do tempo de execução de cada um dos métodos de vetorização, revelou que o método manual se mostrou ser bem mais rápido de ser realizado, com uma média de 00:20:27, o semiautomático foi o segundo mais rápido, com média de tempo de 00:32:52, e o automático demonstrou-se ser o mais lento, com média de tempo na ordem de 00:37:41 (Gráfico 10).

Essas diferenças se deram ao fato de que a vetorização manual não depende muito do software, mas sim da habilidade do operador que estiver vetorizando, por outro lado, as vetorizações semiautomática e automática necessitam do auxílio de plugins, o que as torna dependentes da qualidade e velocidade de processamento dos mesmos.

**Gráfico 10:** Resultado do tempo médio gasto em cada tipo de vetorização, Dados da pesquisa (2023)



#### 4.4 Comparação dos parâmetros geométricos obtidos

Com o produto das vetorizações em mãos, foi possível efetuar o cálculo de parâmetros essenciais para a análise comparativa dos métodos, o Quadro 02 abaixo mostra os valores de área, perímetro e número de vértices dos produtos vetorizados pelos participantes.

**Quadro 02:** Cálculo dos parâmetros geométricos dos métodos de vetorização.

| USUÁRIO | ÁREA                   |                        |                        | PERÍMETRO |            |           | Nº DE VÉRTICES |         |        |
|---------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------|-----------|----------------|---------|--------|
|         | MANUAL                 | POLYGON                | OTB                    | MANUAL    | POLYGON    | OTB       | MANUAL         | POLYGON | OTB    |
| 1       | 5397,24 m <sup>2</sup> | 4153,77 m <sup>2</sup> | 5947,38 m <sup>2</sup> | 2036,36 m | 12820,25 m | 5828,34 m | 412            | 452703  | 132332 |
| 2       | 5502,74 m <sup>2</sup> | 4106,52 m <sup>2</sup> | 5732,75 m <sup>2</sup> | 1993,96 m | 7453,01 m  | 5639,46 m | 379            | 182883  | 128903 |
| 3       | 5669,70 m <sup>2</sup> | 3201,85 m <sup>2</sup> | 5779,79 m <sup>2</sup> | 1929,05 m | 9946,70 m  | 4317,91 m | 334            | 308197  | 94528  |
| 4       | 5449,79 m <sup>2</sup> | 2038,55 m <sup>2</sup> | 5881,51 m <sup>2</sup> | 1888,35 m | 7763,35 m  | 6484,72 m | 296            | 235862  | 149065 |
| 5       | 5115,08 m <sup>2</sup> | 2974,04 m <sup>2</sup> | 5853,86 m <sup>2</sup> | 1961,69 m | 11943,91 m | 7407,68 m | 348            | 420628  | 172973 |
| 6       | 5387,20 m <sup>2</sup> | 2986,62 m <sup>2</sup> | 5716,37 m <sup>2</sup> | 2026,61 m | 10603,92 m | 3999,97 m | 391            | 400299  | 87562  |
| 7       | 6244,65 m <sup>2</sup> | 3183,54 m <sup>2</sup> | 5576,91 m <sup>2</sup> | 1930,89 m | 10453,58 m | 5388,94 m | 268            | 341727  | 123008 |
| 8       | 5550,26 m <sup>2</sup> | 3218,15 m <sup>2</sup> | 5686,88 m <sup>2</sup> | 1978,90 m | 12477,27 m | 4999,49 m | 336            | 327656  | 113139 |
| 9       | 5427,93 m <sup>2</sup> | 2801,80 m <sup>2</sup> | 5720,27 m <sup>2</sup> | 1973,46 m | 8618,76 m  | 4719,04 m | 391            | 246321  | 105182 |
| 10      | 5457,43 m <sup>2</sup> | 1494,65 m <sup>2</sup> | 5816,90 m <sup>2</sup> | 1930,50 m | 5174,09 m  | 5649,82 m | 378            | 153256  | 129589 |
| MÉDIA   | 5520,20 m <sup>2</sup> | 3015,95 m <sup>2</sup> | 5771,26 m <sup>2</sup> | 1964,98 m | 9725,48 m  | 5443,54 m | 353            | 306953  | 123628 |

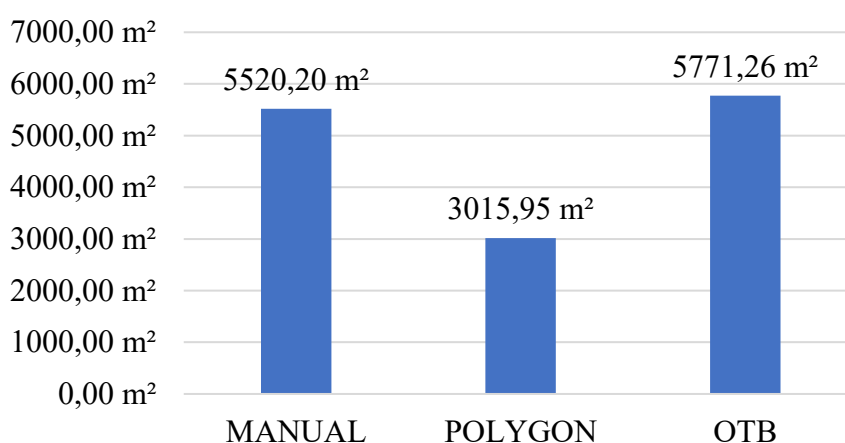
**Fonte:** Autoria própria (2023).

#### 4.4.1 Comparação das áreas

A seguir, são mostrados os valores médios de área calculados a partir das vetorizações nos diferentes métodos avaliados (Gráfico 11). Com os dados mostrados, percebe-se que as vetorizações manuais e automáticas (OTB) obtiveram resultados semelhantes entre si, isso se deu devido aos produtos finais gerados por esses métodos se apresentarem muito semelhantes, inclusive na aparência.

Por outro lado, a vetorização semiautomática com o Polygon obteve resultados bem distintos entre si, e bem dispersos se comparado aos outros dois métodos, isso porque o método apresentou-se muito impreciso no processo de vetorização, pois não identificou todas as edificações existentes na quadra, e algumas das que foram identificadas não foram delimitadas corretamente.

**Gráfico 11:** Valores médios de áreas, Autoria própria (2023).

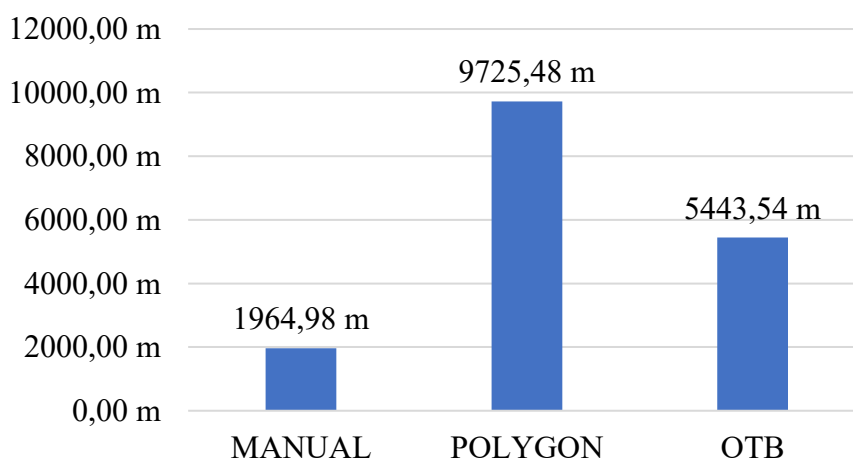


#### 4.4.2 Comparação dos perímetros

Os valores calculados de perímetros pelos métodos de vetorização foram valores bem diferentes um do outro (Gráfico 12), o valor manual é o que mais se aproxima do real, pois são vetorizações feitas em “linha reta”, isso pelo fato de ser uma vetorização que considera apenas vértices nas extremidades da edificação, já o valor da vetorização semiautomática ficou elevado pois o plugin detecta várias áreas dentro de uma mesma edificação, por isso o valor de perímetro somado por edificação difere muito da realidade, e o valor da vetorização automática ficou entre o valor da manual e o valor da semiautomática, a aparência da vetorização do orfeo (vetorização automática) foi semelhante a vetorização manual, porém, o plugin identificou algumas arestas

a mais nas bordas das edificações, o que não permitiu que a vetorização fosse feita em linha reta, por isso o valor elevado.

**Gráfico 12:** Valores médios de perímetros, Autoria própria (2023).



#### 4.4.3 Comparação do número de vértices

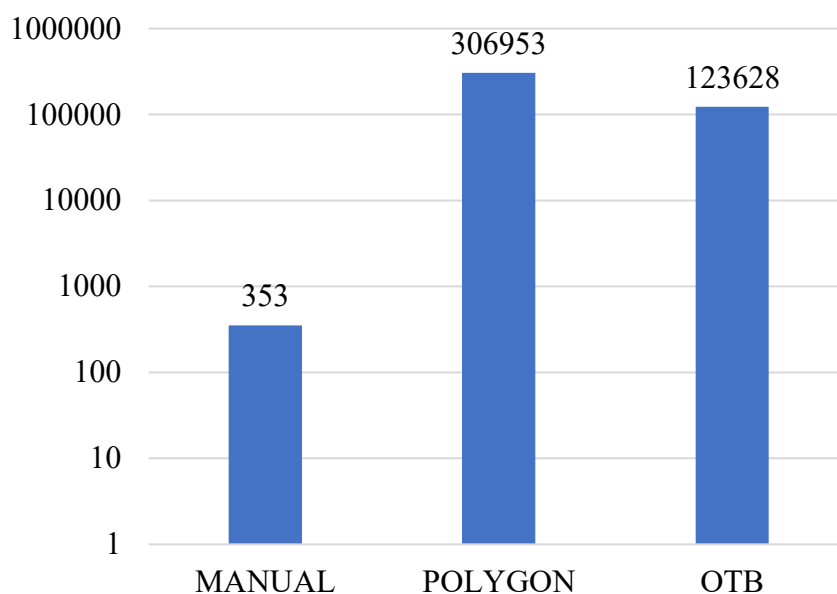
O número de vértices foi o parâmetro que apresentou a maior divergência entre as vetorizações (Gráfico 13). A vetorização manual resultou em uma média de 353 vértices, a semiautomática (Polygon) resultou na média de 306953 vértices, por último, a automática (Orfeo) obteve uma média de 123628 vértices.

A vetorização manual, por se tratar de um processo efetuado única e exclusivamente manualmente, cria vértices apenas onde na realidade duas bordas de diferentes direções se cruzam nas edificações.

Por se tratar de um processo mútuo entre o operador do software e o plugin, na vetorização semiautomática não há como definir um padrão de vetorização, pois parte é manual e parte é automática, como já citado anteriormente o plugin não detecta corretamente os limites das edificações, criando várias arestas que se cruzam em várias partes das bordas identificadas, além disso, cria vários polígonos dentro de uma mesma edificação, o que contribui ainda mais para um número de vértices tão elevado.

Já a vetorização automática teve um número de vértices menor comparada a vetorização semiautomática, mas ainda sim é um número muito elevado que foge da realidade, isso porque analogamente a vetorização semiautomática, o plugin identifica muitas arestas nas bordas das edificações.

**Gráfico 13:** Valores médios de quantidade de vértices, Autoria própria (2023).



Diferentes trabalhos utilizam-se de classificação supervisionada e vetorização manual para aplicações ambientais, por exemplo, e podem comparar suas eficiências. Paralelamente ao que foi utilizado aqui, o trabalho de Correia, Batista e Araujo (2011) realizou comparação entre a vetorização manual e a classificação supervisionada por meio do método de Máxima Verossimilhança do ArcGIS de um ambiente florestal desmatado. Os autores concluíram que o mapeamento manual se tornou mais viável para este objetivo. Trouxeram ainda que, para este tipo de feição, o processo de vetorização era mais “demorado”, porém havia uma facilidade na identificação das feições utilizando as chaves de interpretação (forma, cor, tamanho, textura, padrão), o que lhes permitiram uma maior precisão e interpretação quanto às áreas desmatadas, enquanto o classificador automático MAXVER classificou de forma “rápida”, porém comportar-se de forma confusa quanto às feições mapeadas, especificamente na antropização (desmatamento). Quanto ao processo de classificação supervisionada, o resultado apresentou-se de forma insatisfatória para o objetivo do estudo, pois as áreas desmatadas são poucas em relação às áreas territoriais. Tal paralelo demonstra que a eficiência pode variar dependendo-se de que tipo de feição está sendo estudada.

## 4.5 Variações e erros identificados nos métodos

### 4.5.1 Vetorização manual

Como o processo de vetorização manual é feito predominantemente por um humano, torna-se um processo passível de se ocorrer variâncias em vetorizações de uma mesma região

ou de um mesmo ponto. Com as vetorizações manuais dos participantes, analisando as coordenadas dos vértices vetorizados, notou-se uma variação existente nessas coordenadas, alguns vértices foram escolhidos para serem representados e analisados, sendo eles os vértices: A, B, C, D, E e F, identificados na Figura 15 a seguir:

**Figura 15:** Vértices analisados identificados na quadra.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

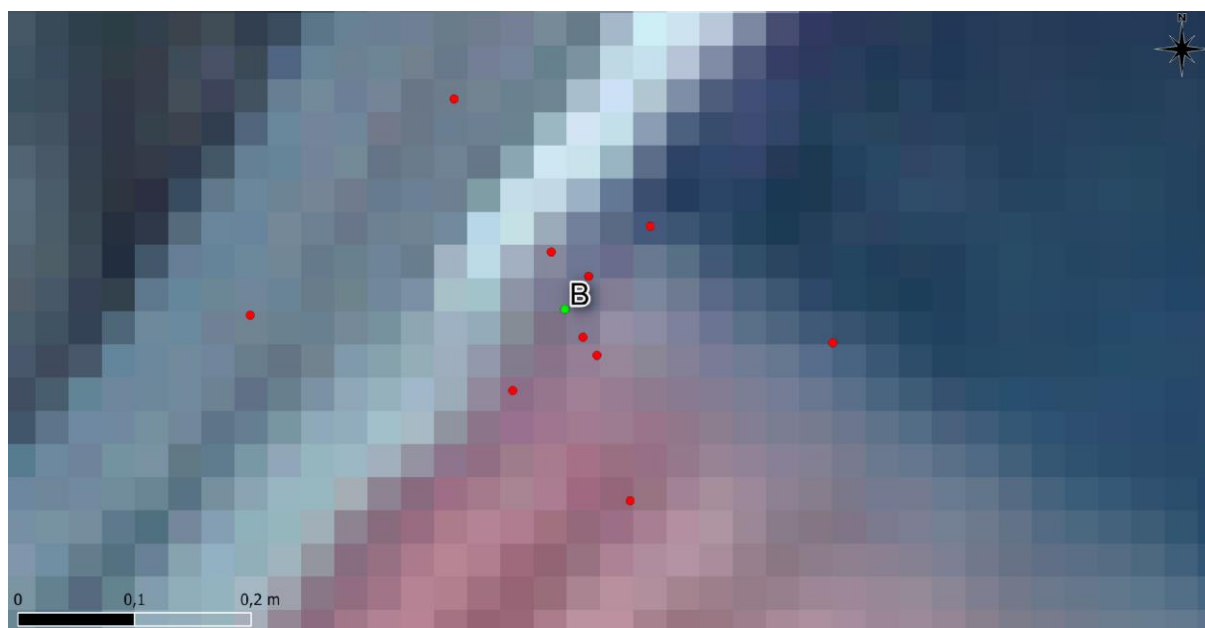
As Figuras 16, 17, 18, 19, 20 e 21 abaixo mostram em vermelho os vértices apontados pelos participantes dos testes, com as coordenadas deles foi feito um cálculo da média dessas coordenadas e criado na feição o ponto que identifica essa média na cor verde. Esses pontos identificados evidenciam o fato de que a vetorização manual é dependente da habilidade do operador para que o processo seja feito de forma eficiente e precisa.

**Figura 16:** Vértices no Ponto A.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

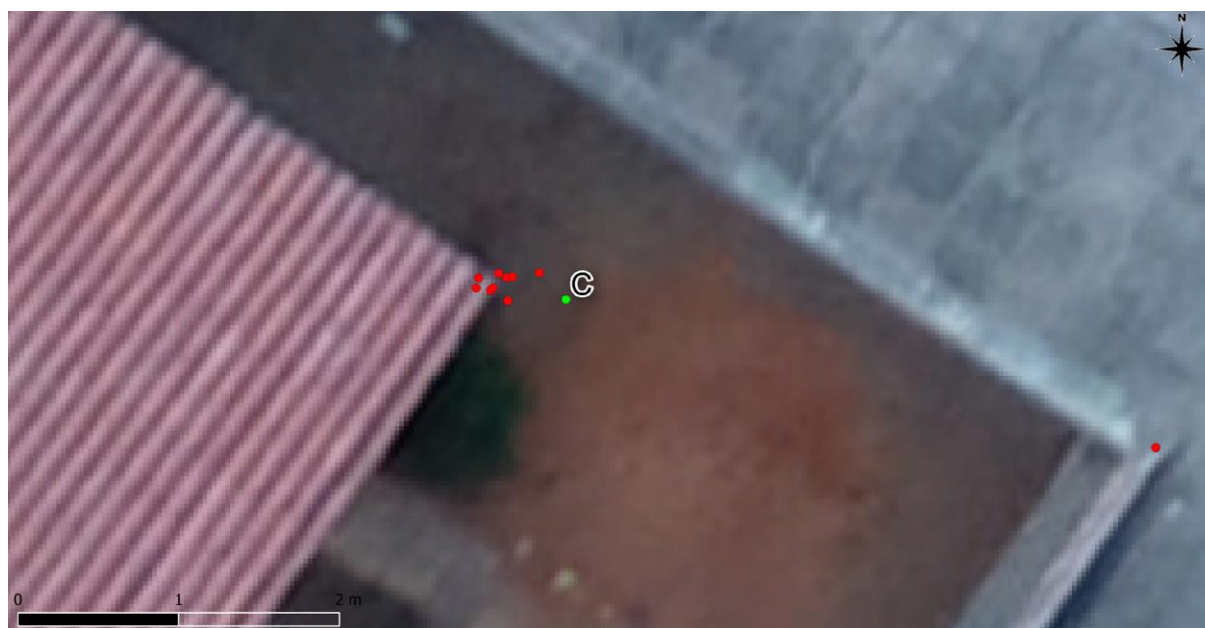
**Figura 17:** Vértices no Ponto B.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

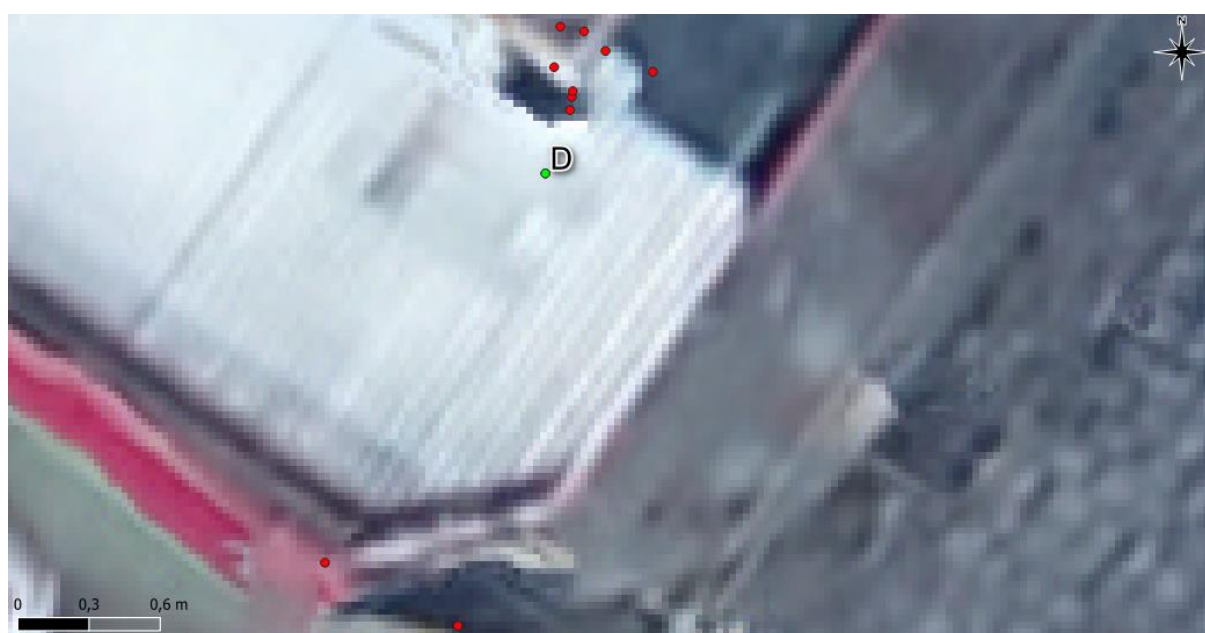


**Figura 18:** Vértices no Ponto C.



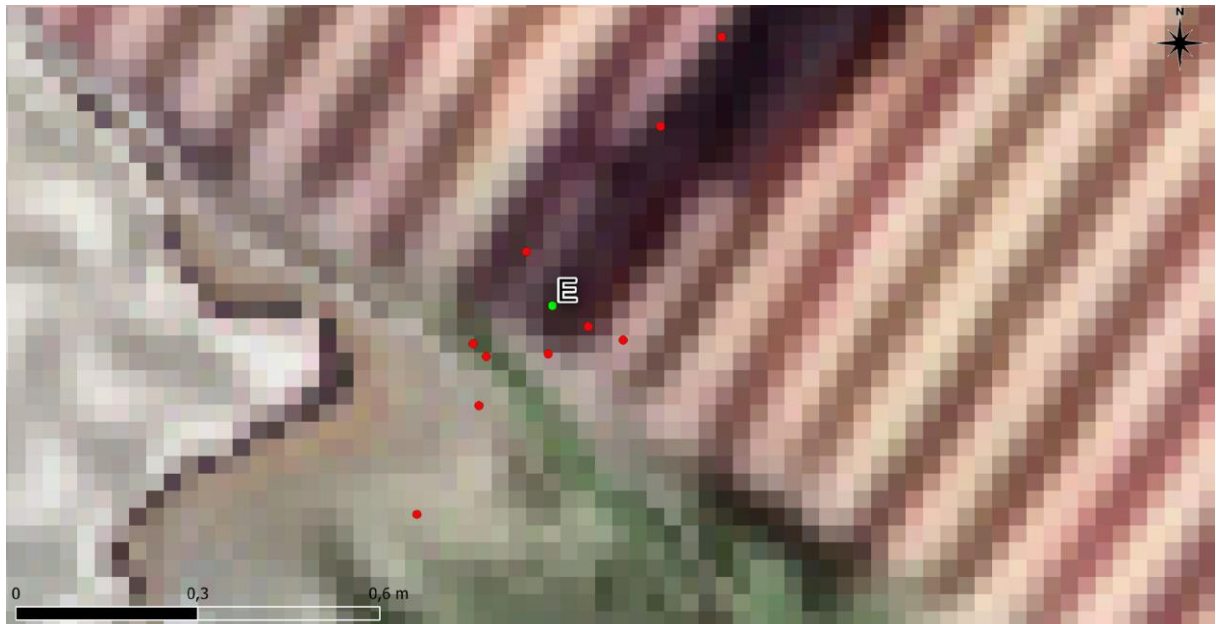
**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 19:** Vértices no Ponto D.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 20:** Vértices no Ponto E.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 21:** Vértices no Ponto F.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Além da média das coordenadas, também foi feito o cálculo de seu desvio padrão - valor que quantifica a variação da operação humana na vetorização, tornando possível avaliar a variabilidade dos vértices em vetorizações de operadores diferentes, onde o maior desvio

encontrado foi na coordenada X, na ordem de 1,2943 m e o menor foi também na coordenada X, na ordem de 0,0412 m, esses dados estão listados no Quadro 03 abaixo:

**Quadro 03:** Desvio padrão das coordenadas.

| Ponto | Desvio padrão em X (m) | Desvio padrão em Y (m) |
|-------|------------------------|------------------------|
| A     | 0,0412                 | 0,1132                 |
| B     | 0,1277                 | 0,0916                 |
| C     | 1,2943                 | 0,3289                 |
| D     | 0,3852                 | 0,9406                 |
| E     | 0,1572                 | 0,2263                 |
| F     | 0,1245                 | 0,1465                 |

**Fonte:** Autoria própria (2023).

#### 4.5.2 Vetorização semiautomática

A vetorização semiautomática foi a que apresentou mais erros comparando com as outras duas, por isso a qualidade de seu produto final foi classificada pelos participantes dos testes como ‘Muito ruim’. A Figura 22 a seguir mostra um dos erros mais encontrados na utilização do plugin, que é a não identificação completa dos limites da edificação, ou seja, partes de uma mesma edificação não são vetorizadas, o que implica em erros grotescos no cálculo de áreas e perímetros por exemplo.

**Figura 22:** Edificação não vetorizada totalmente.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Outro erro bastante encontrado é que em edificações com telhados de cores diferentes (Figura 23), o plugin não identifica todos os pixels, e ficam inúmeras partes sem ser vetorizadas, deixando vazios dentro de uma mesma feição, o que também implica no aumento do erro de áreas e perímetros.

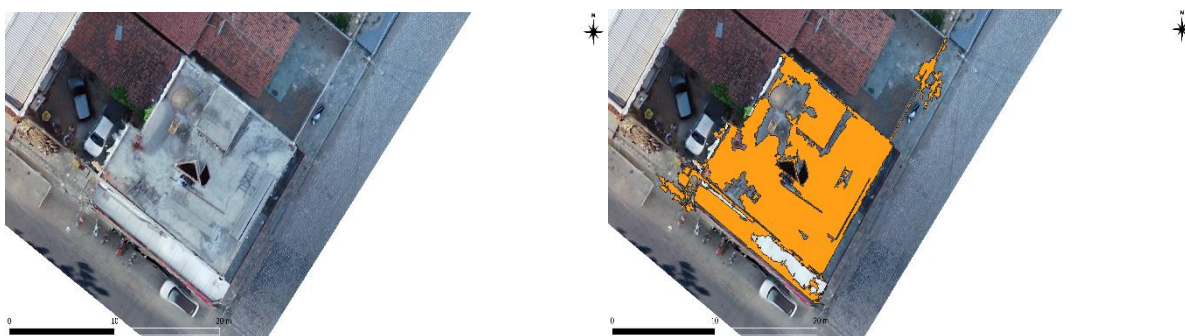
**Figura 23:** Edificação com telhado de cores diferentes.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Além dos citados acima, outro erro do plugin é que ele não se encaixa perfeitamente nas bordas das edificações (Figura 24), ele cria muitas arestas, o que analogamente aos erros anteriores, também implica em cálculos errados de área, perímetro e também na quantidade de vértices encontrada por feição.

**Figura 24:** Polígono não identifica as bordas corretamente.



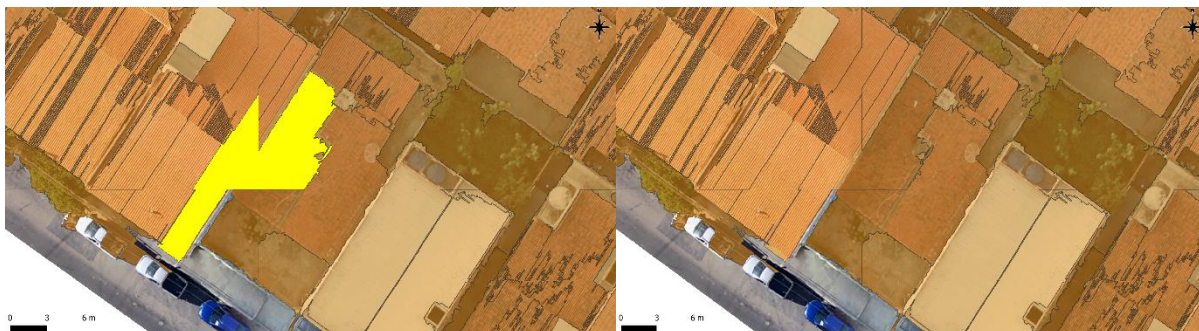
**Fonte:** Autoria própria (2023).

#### 4.5.3 Vetorização automática

Apesar do resultado final da vetorização automática ser semelhante ao da vetorização manual, o processamento desse método ainda apresentou alguns erros, as Figuras 25 e 26 a seguir mostram um dos principais erros encontrados, que é o fato de que o plugin cria e deixa um mesmo polígono cobrindo duas edificações diferentes, e também um mesmo polígono que cobre calçada e edificação ao mesmo tempo, esses erros são pontos negativos nesse método, pois torna o cálculo de áreas dos polígonos muito distorcidos da realidade e também deixam o produto final vetorizado muito poluído visualmente, por esse motivo é necessário o refinamento da vetorização.



**Figura 25:** Polígono cobrindo duas edificações diferentes.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

**Figura 26:** Polígono cobrindo calçada e edificação ao mesmo tempo.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Outro erro encontrado, além dos já citados, é que o plugin identifica muitas bordas em uma mesma edificação, e não somente as bordas que delimitam a área edificada (Figura 27). Isso ocasiona um cálculo de perímetros que não condiz com a realidade, esse é mais um motivo para que seja executado o refinamento do shape gerado.

**Figura 27:** Polígono identifica mais bordas do que o necessário.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo comparar novos métodos de vetorização de edificações com o método padrão já existente (manual). Destarte, nota-se que esse objetivo foi atingido, haja vista que, efetivamente, foi possível parametrizar os principais dados necessários para essa análise comparativa. Portanto, através da tabela hedônica obtida com os testes realizados com os participantes e também dos cálculos de área, perímetro e quantidade de vértices feito através da calculadora de campo do QGIS, foi possível comprovar por meio de análise gráfica, quantitativa e qualitativa que o método padrão utilizado atualmente ainda é o mais adequado para a vetorização de edificações.

Na comparação, concluiu-se que o método semiautomático não apresentou resultados satisfatórios, tanto pela tabela hedônica e opinião dos participantes, como também pelos cálculos feitos no software, o mesmo não identificou todas as coberturas e os que identificou não foram delimitadas corretamente, raramente o polígono vetorizado pelo plugin se encaixou adequadamente na edificação, a diferença de tons em uma mesma cobertura também inviabilizou a vetorização, pelo fato de o plugin detectar apenas pixels semelhantes, isso poderia ser contornado obtendo mais amostras da área, no entanto, poderia aumentar muito o tempo de processamento já que as coberturas mudam de cor à medida que o tempo passa, além disso, o tempo gasto para identificação das coberturas e posteriormente a correção dos polígonos gerados foi bem superior ao método padrão. Comparando o produto final entre a vetorização manual e a semiautomática foi observada, além da grande diferença visual da vetorização final, uma distinção no cálculo das áreas, perímetro e quantidade de vértices, isso devido aos erros do plugin citados acima.

Como resultado da comparação entre a vetorização padrão e a automática, foram obtidos resultados próximos do adequado, segundo a opinião dos participantes o resultado final apresentado por esse método se aproxima do resultado final do método padrão, contudo foram identificados alguns erros no processamento, como algumas coberturas delimitadas de forma irregular, onde um mesmo polígono sobrepôs coberturas vizinhas, isso se deu devido ao fato do plugin identificar mais bordas do que as realmente existentes nas coberturas, com isso foi necessário um refinamento do produto gerado pelo processamento inicial, o que tornou o seu tempo de execução bem maior que o tempo do método manual. Como citado acima, visualmente os métodos apresentaram produtos finais semelhantes entre si, conseqüentemente o resultado do cálculo de áreas também foi aproximado, entretanto nos valores de perímetro e

quantidade de vértices os resultados foram distantes entre si, o que indica que o plugin ainda deve ser melhorado para poder trazer resultados compatíveis com a realidade.

Portanto, concluiu-se pelo trabalho realizado que para a finalidade de cadastro imobiliário urbano, o método de vetorização mais adequado permanece sendo o método manual, pois apresentou um tempo de execução bem menor e um produto final de melhor qualidade. É preciso que os métodos semiautomáticos e automáticos sejam otimizados com a finalidade de se obter resultados aceitáveis para a realização ou atualização do cadastro imobiliário urbano.

## REFERÊNCIAS

ANAC – AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial (RBAC-E nº 94). Brasília, 2015.

BASTIAN, Andrea Verri. Vetorização Automática de Ortofotos. **Blucher Design Proceedings**, v. 1, n. 7, p. 166-169, 2013.

CORREIA, Manoel Ricardo Dourado; BATISTA, Daiane Cardoso Lopes; ARAUJO, Rutenio Luiz Castro de. Monitoramento do desmatamento nas Terras Indígenas do sul do Amazonas: uma abordagem entre a vetorização manual e a classificação automática. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba-PR, p. 2920-2927, abr. 2011.

DE CESARE, Claudia M. Condições básicas para garantir a funcionalidade da tributação recorrente ao patrimônio imobiliário urbano e rural. **A Reforma Tributária Necessária: diagnóstico e premissas**, p. 369-393, 2018.

FIGUEROA, Mario. Habitação coletiva e a evolução da quadra. **Vitruvius, Arquitextos. Texto Especial**, v. 357, 2006.

FONSECA, C. E. A importância do Cadastro Tributário na Arrecadação Municipal e na Auditoria de Tributos—estudo do caso do município de Belo Horizonte. **Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho**, 2010.

GATO, Helien Eda Rodrigues; IMAI, Nilton Nobuhiro; TOMMASELLI, Antonio Maria Garcia. Uma Abordagem semi-automática para extração de feições cartográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 53, p. 16-28, 2001.

**GEOPROCESSAMENTO E ESTUDOS URBANOS AUXILIADOS POR QGIS /** organização Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes ... [et al.]. – 1. Ed. – São Paulo: Livraria da Física, 2021.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de imagens digitais**. Editora Blucher, 2000.

LINO, Rita Salazar. Composição de ortomosaicos de fotografia aérea do arquivo da Câmara Municipal do Porto. 2018.

LOCH, Carlos. **Cadastro técnico multifinalitário: rural e urbano**. Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Universidade de Brasília, Brasília**, 2012.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. Editora Unesp, 2007.

MOURA, Carla Julliane Marques de. **Análise da extração semiautomática de lago em ortofoto e imagem de satélite utilizando técnicas de processamento de imagens: binarização e morfologia matemática**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso.



NICHETTI, Matheus Eduardo Heberle; SILVA, Maria Madalena Santos da. **Análise geométrica de levantamento urbano utilizando imagens orbitais e veículo aéreo não tripulado**. 2016. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2016.

PEGORARO, Antoninho João; SALETE GUBIANI, Juçara; PHILIPS, Jorgen W. Veículo aéreo não tripulado: uma ferramenta de auxílio na gestão pública. In: **XI Simposio Argentino de Informática y Derecho (SID)-JAIHO 42 (2013)**. 2013.

PEREIRA, C. C. A importância do cadastro técnico multifinalitário para elaboração de planos diretores. 2009. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.**

QUEIROZ, Corina Jara. **Análise de transformações geométricas para o georreferenciamento de imagens do satélite CBERS-1**. 2002.

SILVA JÚNIOR, Sílvia Barbosa da; FERREIRA, Marcos Antonio Garcia. Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres. **Sociedade & natureza**, v. 20, p. 221-237, 2008.

SILVEIRA, Taisa Bretanha. **Impactos da atualização do cadastro imobiliário atualizado do município de Jaguarão-RS na arrecadação municipal e nos serviços prestados ao contribuinte**. 2012.