



HELTON JOSÉ P. B. DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE FOTOS AÉREAS ADQUIRIDAS
COM CÂMERA NÃO MÉTRICA ACOPLADA NO VANT PARA
CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO URBANO**

**INCONFIDENTES-MG
2018**

HELTON JOSÉ P. B. DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE FOTOS AÉREAS ADQUIRIDAS
COM CÂMERA NÃO MÉTRICA ACOPLADA NO VANT PARA
CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO URBANO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Engenharia de Agrimensura e Cartográfica no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Inconfidentes, para obtenção do título de Engenheiro Agrimensor e Cartógrafo.

Orientador: Prof^o. D.Sc. Mosar Faria Botelho

**INCONFIDENTES-MG
2018**

HELTON JOSÉ P. B. DE CARVALHO

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE FOTOS AÉREAS ADQUIRIDAS
COM CÂMERA NÃO MÉTRICA ACOPLADA NO VANT PARA
CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO URBANO**

Data de aprovação: ____ de _____ 20 ____

Orientador: Profº. D.Sc. Mosar Faria Botelho
IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

Profº. D.Sc. Angelo Marcos Santos Oliveira
IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

Profº. M.Sc. Plínio Marcos Piccin Benedito
IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico a Deus por sempre estar junto em todos os momentos. Dedico a minha amada mãe Marilda Pereira Borges que sempre acreditou em mim e mesmo com todas as dificuldades sempre me apoio e deu forças para que fosse possível essa realização de um sonho que é tanto meu quanto dela. Em especial dedico para meus avós, vó Santinha, vó Teresinha e vô Pércio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, a minha amada mãe, meus avós e aos meus companheiros de sala, aqueles *brothers* em especial Felipe Silvério, Guilherme Henrique Andrade e Alexander. Aos mestres professores, pelo qual agradeço pelo conhecimento passado. E ao meu Grêmio, meu imortal tricolor, que mesmo antes de eu nascer já pintou meu coração de azul, preto e branco.

RESUMO

As cidades ao longo de seu desenvolvimento sempre passaram por constante transformações nas áreas urbanas devido a causas naturais ou devido à ação humana, dificultando o controle de uso e ocupação do solo urbano pelas prefeituras. O Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU) quando atualizado constantemente, auxilia os administradores públicos com informações estratégicas para tomadas de decisões, no controle da evolução temporal da área urbana e contribui financeiramente com a receita do município cobrando preço justo dos imóveis. Muitos administradores públicos encontram dificuldades para se realizar a atualização cadastral urbana devido ao preço elevado que este serviço pode chegar e à falta de leis que regulamentam e orientam a execução dessa atividade. Este trabalho apresenta uma das soluções para a obtenção de informações com baixo custo utilizando Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) acoplado por um sensor para armazenar as informações espectrais dos objetos sobre a superfície terrestre. As fotos foram processadas usando a técnica de ajustamento em bloco *bundle adjustment*, gerando como produto final um ortofotomosaico utilizado para a realização da atualização cadastral através da vetorização manual das edificações e lotes. Para realizar a avaliação da qualidade planimétrica do produto, comparou-se as medidas obtidas em campo com as vetorizadas. Os resultados obtidos foram satisfatórios mediante o objetivo proposto.

PALAVRAS-CHAVES: Retificação Fotogramétrica, Restituição Fotogramétrica, Drone, Sensor Passivo.

ABSTRACT

The cities throughout its development have always been passing for constant transformations in the urban area due to the natural causes because of human actions; therefore, making though the control of the use and occupation of the urban soil for the city hall. The Technical Registry Multipurpose(TRM) when constantly updated assists public administrators with strategic information for decision-making in the control of the temporal evolution of the urban area, also it contributes financially with the municipality's income charging fair prices for the taxpayers. Many public administrators find out difficult to carry out the Technical Registry update due to the high price of this work; in addition, it is caused because of deficiency laws that regulates and guide the this activity. This paper work shows one of the solutions for getting low costs information using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) coupled by a sensor to save the spectral information of objects on the earth's surface. The photos has been processed using bundle adjustment creating as a final product a orthophotomosaic. This was used for performing the cadastral update through the manual vectorization of buildings and lots. In order to carry out the evaluation of the planimetric quality of the product, the measurements in the field were compared with the vectorized ones. The results were satisfactory through the proposed objective.

KEYWORDS: Photogrammetric Rectification, Photogrammetric Restitution, Drone, Passive Sensor.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVO.....	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1	HISTÓRICO DO CADASTRO URBANO.....	17
3.2	ATUALIZAÇÃO CADASTRAL.....	17
3.3	VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT).....	18
3.4	ORTOFOTO.....	20
4.	MATERIAL E MÉTODO.....	22
4.1	MATERIAL UTILIZADO.....	24
4.2	ÁREA DE ESTUDO.....	25
4.3	MÉTODO FOTOGRAMÉTRICO PARA ATUALIZAÇÃO CADASTRAL URBANA.....	26
4.3.1	TAMANHO DO GSD E ALTURA DE VOO.....	27
4.3.2	CÁLCULOS PARA EXECUÇÃO DO VOO.....	29
4.3.3	SOFTWARE MISSION PLANNER.....	31
4.3.4	PONTOS DE CONTROLE.....	32
4.3.5	ALVOS PARA OS PONTOS DE CONTROLE.....	34
4.3.6	REALIZAÇÃO DO VOO FOTOGRAMÉTRICO.....	35
4.3.7	PROCESSAMENTO DAS FOTOS.....	35
4.3.8	VETORIZAÇÃO DA ORTOFOTO.....	37
4.4	MÉTODO TRADICIONAL DE ATUALIZAÇÃO CADASTRAL URBANO.....	37
4.5	DADOS DA PREFEITURA.....	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
5.1	VOO FOTOGRAMÉTRICO.....	41

5.2	RESULTADO DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS	42
5.2.1	ALVOS FOTOGRAMÉTRICOS.....	42
5.2.2	DISTORÇÃO NA ORTOFOTO	44
5.2.3	GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE E DA ORTOFOTO ..	48
5.2.4	VALIDAÇÃO DO MODELO.....	49
5.2.5	COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E FOTOGRAMÉTRICO	50
5.3	COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE TESTADAS E DAS ÁREAS DOS LOTES E CONSTRUÍDAS DOS IMÓVEIS.....	54
5.3.1	COMPARAÇÃO ENTRE A VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO <i>versus</i> MEDIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO TRADICIONAL ...	55
5.3.2	COMPARAÇÃO ENTRE A VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO DISCENTE “A” <i>versus</i> MEDIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO TRADICIONAL	56
5.3.2.1	MEDIDAS DE TESTADA DOS LOTES DO DISCENTE “A” <i>versus</i> MÉTODO TRADICIONAL.....	56
5.3.2.2	ÁREA DOS LOTES DO DISCENTE “A” <i>versus</i> MÉTODO TRADICIONAL.....	57
5.3.3	COMPARAÇÃO ENTRE AS VETORIZAÇÕES REALIZADAS PELO AUTOR DO TRABALHO <i>versus</i> DISCENTE “A”.....	58
5.3.3.1	MEDIDAS DE TESTADA REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO <i>versus</i> DISCENTE “A”	58
5.3.3.2	ÁREAS DOS LOTES DA VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO <i>versus</i> DISCENTE “A”.....	60
5.4	ANÁLISE FINAL ENTRE AS MEDIDAS DAS TESTADAS E ÁREAS CONSTRUÍDAS DA PREFEITURA <i>versus</i> ÁREAS VETORIZADAS PELO AUTOR ..	62
5.4.1	COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DAS TESTADAS DOS LOTES DA PREFEITURA <i>versus</i> VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR.....	63

5.4.2	COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS CONSTRUÍDAS DOS LOTES OBTIDOS PELA PREFEITURA <i>versus</i> VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO.....	69
6.	CONCLUSÃO.....	75
7.	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	76

LISTA DE FLUXOGRAMA

Fluxograma 1: Planejamento da realização da pesquisa.	23
Fluxograma 2: Planejamento do Voo Fotogramétrico.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo no município de Inconfidentes-MG.	25
Figura 2: Área de estudo.	26
Figura 3: Posições das dimensões do tijolo.	28
Figura 4: Linhas de voo no software Mission Planner.	32
Figura 5: Pontos de Controle.	32
Figura 6: Ponto de Controle 07 sendo rastreado em um dos cantos da área mapeada.	33
Figura 7: Ponto de Controle 06 sendo rastreado no centro da área mapeada.	33
Figura 8: Dimensões dos alvos.	34
Figura 9: Alvos de modelo EVA no dia do Voo.	35
Figura 10: VANT SOLO 3 DR.	35
Figura 11: Rádio Comunicador.	35
Figura 12: Posição dos pontos de apoio e intermediário para o levantamento topográfico cadastral.	38
Figura 13: Levantamento com Estação Total e Trena.	38
Figura 14: Croqui ilustrativo da quadra em estudo.	39
Figura 15: Trajeto do VANT no primeiro voo.	41
Figura 16: Trajeto do VANT no segundo voo.	41
Figura 17: Alvo Vermelho descartado na foto.	42
Figura 18: Alvo vermelho descartado na ortofoto.	42
Figura 19: Alvo Vermelho na foto no asfalto.	42
Figura 20: Alvo vermelho na ortofoto no asfalto.	42
Figura 21: Alvo vermelho na foto no cimento.	43
Figura 22: Alvo vermelho na ortofoto no cimento.	43
Figura 23: Alvos vermelho e amarelo na foto.	43
Figura 24: Alvos vermelho e amarelo na ortofoto.	43
Figura 25: Alvos de cor amarela na foto.	44
Figura 26: Alvos de cor amarela na orto.	44
Figura 27: Alvo de cor verde na foto.	44
Figura 28: Alvo de cor verde na orto.	44
Figura 29: Distorção próximo à árvore.	45
Figura 30: Distorção entre árvores.	45

Figura 31: Ortofoto com árvores pequenas.	45
Figura 32: Rua Cláudio Manoel da Costa na ortofoto.....	46
Figura 33: Área estudada na ortofoto.	46
Figura 34: Densidade de fotos na área.....	47
Figura 35: Distorção nas bordas da ortofoto.	48
Figura 36: Modelo Digital de Superfície.....	48
Figura 37: Ortofoto Gerada no software PhotoScan.	49
Figura 38: Frente do lote 10.	54
Figura 39: Frente do lote 11.	64
Figura 40: Frente lote 9.	65
Figura 41: Lote 19.	69
Figura 42: Áreas identificadas para a atualização cadastral.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões de um tijolo de cerâmica para alvenaria (Centímetros).....	28
Tabela 2: Dados do Plano de Voo.	31
Tabela 3: Coordenadas UTM dos Pontos de Controle.	34
Tabela 4: Medidas dos lotes, áreas construídas e testadas fornecidas pela prefeitura.....	40
Tabela 5: Discrepância dos Pontos de Controle.	50
Tabela 6: Tabela com os dados utilizados na validação do modelo.....	51
Tabela 7: Valores de tolerância para avaliação da acurácia posicional de acordo com o Decreto-lei 89.817 em concordância com a ET-ADGV.	53
Tabela 8: Resultado da validação do modelo.	54
Tabela 9: Área dos lotes Vetorizada versus Método Tradicional.....	55
Tabela 10: Medidas das testadas das casas entre o Discente “A” versus Método Tradicional.	57
Tabela 11: Discente “A” versus Método Tradicional.....	58
Tabela 12: Medidas das testadas dos imóveis Vetorizada pelo autor versus Discente “A”.	59
Tabela 13: Área dos lotes Vetorizada pelo autor versus Discente “A”.	61
Tabela 14: Testadas da prefeitura e vetorizada.	63
Tabela 15: Comparação das discrepâncias das medidas de testadas.	65
Tabela 16: Comparação das medidas de testadas da prefeitura que ficaram maiores que as vetorizadas.	66
Tabela 17: Comparativo de área dos lotes entre os dados da prefeitura versus vetorizados pelo autor.	67
Tabela 18: Análise das áreas dos lotes.	68
Tabela 19: Áreas construídas dos lotes.....	70
Tabela 20: Análise final da área obtida da prefeitura versus a área vetorizada pelo autor descontando 40 cm dos beirais dos imóveis.....	71
Tabela 21: Áreas identificadas para a atualização cadastral.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Comparação entre a discrepância das testadas dos lotes pelo método tradicional e aerofotogramétrico.....	52
Gráfico 2: Comparação da dispersão da área do lote obtido pelo método tradicional e aerofotogramétrico.....	56
Gráfico 3: Discrepância entre os valores de testadas entre a vetorização do autor x Discente “A”	60
Gráfico 4: Comparação das discrepâncias das áreas dos lotes vetorizadas pelo autor x Discente “A”.....	62
Gráfico 5: Discrepância das medidas das testadas da Prefeitura versus Vetorizada pelo autor.	64
Gráfico 6: Discrepância das áreas da Prefeitura versus Vetorizada pelo autor.	68
Gráfico 7: Dispersão entre as áreas de atualização cadastral.	73

1. INTRODUÇÃO

Para que um município cresça de forma organizada e planejada os administradores devem possuir informações cartográficas essenciais para auxiliar em suas tomadas de decisões. Dentro do perímetro urbano é necessário que se tenha todo o conhecimento do uso e ocupação do solo, porém nosso espaço geográfico está constantemente passando por mudanças devido a diversos fatores que envolvem a ação de fenômenos naturais ou devido à ação humana. De acordo com Cunha e Erba (2010) muitos municípios brasileiros são carentes de dados relacionados ao cadastro territorial e mapeamentos confiáveis. A produção de dados cartográficos em grandes escalas no Brasil segundo Silva *et al.* (2017) é de responsabilidade do município. Devido à ausência de normas que direcionava à realização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU), Coelho e Chavez (2015) destacavam que a única alternativa para se ter um cadastro com eficiência no Brasil, era através da retificação dessa área com base nos limites físicos dos imóveis com a compatibilização das coordenadas em um mesmo sistema de referência.

Com o crescimento tecnológico, diversos meios vêm sendo desenvolvidos para a utilização em mapeamentos com precisões para diversas finalidades, o crescente mercado da utilização dos Veículos Aéreo Não Tripulado (VANT) acoplado por algum sensor na área de mapeamentos apresenta-se como solução para vários tipos de problema, entre elas na atualização de informações cartográficas ou obtenção de novos dados. Os VANT's segundo Silva *et al.* (2017), é uma tecnologia de baixo custo que podem minimizar a carência de informações cartográficas de muitos municípios brasileiros, pois o mesmo acoplado por sensor pode oferecer imagens com níveis de detalhe muito alto.

A regulamentação para o uso de aeronave não tripuladas é de interesse de cada país, porém de acordo com Tokarski Gliniski *et al.* (2017) essas regulamentações são embasadas nos padrões estabelecidos pela Organização de Aviação Civil Internacional (OACI) que é pertencente as Nações Unidas e cria padrões e práticas como base para a aviação civil internacional. Para sobrevoar o espaço aéreo brasileiro com aeronaves não tripuladas, seja para uso recreativo, comercial, experimental, devem seguir as regras da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), que são complementares aos normativos de outros órgãos públicos como o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), que fica responsável por realizar o controle do espaço aéreo brasileiro e da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) (ANAC, 2012).

Para a validação de produtos fotogramétricos adquirida por sensores acoplados em algum tipo de aeronave, seja ela remotamente pilotada ou não, leis, normas e padrões foram desenvolvidos para garantir a análise posicional dos produtos cartográficos. Fonseca Neto *et al.* (2017) citam que uma das características principais destes padrões consiste na comparação entre pontos de checagem homólogos pertencentes às bases cartográficas distintas. A avaliação da qualidade posicional planimétrica linear ou pontuais da ortofoto no Brasil está regulamentada pelo Decreto-lei N° 89.817, de 20 de junho de 1984 aliado à Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) elaborada pela DSG (Divisão do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro) no qual estão estabelecidos parâmetros que são utilizados de critérios para a classificação das cartas de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) (FONSECA NETO *et al.*, 2017).

Como no Brasil não existe uma regulamentação sobre normas que direciona especificamente à realização do Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano, Coelho e Chaves (2015) destacam que normalmente adotam-se recomendações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), destacando as leis de Execução de Levantamentos Topográficos (ABNT 13.333, 1994), a lei de Implantação de Rede de Referência Cadastral (ABNT NBR 14.166, 1998) e a lei de Recomendações para Levantamento Relativo Estático com a utilização do sistema GNSS.

Devido à falta de normas técnicas direcionada ao cadastro urbano e à necessidade da realização de obtenção e atualização dos elementos sobre a superfície da terra, a utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) acoplado por um sensor, para Fonseca Neto *et al.* (2017), pode ser uma importante ferramenta no auxílio da realização de um Cadastro Técnico. Roberto (2013) destaca que as fotografias aéreas obtidas por sensores acoplados em VANT's

em pequenas e médias áreas é um meio para a resolução de problemas cadastrais, além de oferecer um custo operacional moderado. Silva *et al.* (2017) dizem que o uso dessas aeronaves não tripuladas pode oferecer imagens com nível de detalhamento muito alto, devido a facilidade de adequar o *Ground Sample Distance* (GSD) de acordo com a finalidade proposta.

Neste trabalho é apresentada a avaliação planimétrica da ortofoto obtida com câmera não métrica acoplada em um VANT para fins de realização da atualização cadastral urbana.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar a avaliação planimétrica da ortofoto obtida com câmera não métrica acoplada em um VANT para fins de realização de atualização cadastral.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar atualização cadastral pelo método tradicional;

Realizar a atualização cadastral com a ortofoto aerofotogramétrica;

Comparar os métodos tradicional e o aerofotogramétrico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 HISTÓRICO DO CADASTRO URBANO

A utilização mais remota que se tem conhecimento da realização do cadastro foi para sua aplicação fiscal pelos caldeus, a aproximadamente 4000 a.C., as parcelas ou os lotes já eram registradas geometricamente para que fosse possível conhecer sua estrutura para obter um valor de cobrança tributária das propriedades (LOCH e ERBA, 2007).

Loch e Erba (2007) descrevem um pouco da evolução do cadastro no mundo. Ao longo do tempo o desenvolvimento do cadastro foi tendo importância em diversos países. Os egípcios em função das cheias do rio Nilo dispunham de um inventário descritivo com ocupantes e confrontantes em um sistema de coordenadas. Na Europa, o Império Romano atualizava o cadastro a cada cinco anos. Na Inglaterra o cadastro chegou por volta de 1080 d.C., na Alemanha, no século XII foi criado um sistema de Registro Imobiliário para terras urbana e rurais, a cidade alemã Hannover é conhecida como a capital mundial do cadastro (LOCH e ERBA, 2007).

No Brasil, sempre houve problemas de confusão de limites e sobreposições de títulos da propriedade. Mesmo com as legislações propostas pelo Império que tinham como maiores objetivos a demarcação e registro das parcelas não teve a eficiência esperada, pois a falta de ligação entre os registros de títulos e os documentos cartográficos eram os principais problemas (ERBA *et al.*, 2005).

3.2 ATUALIZAÇÃO CADASTRAL

Os primeiros cadastros imobiliários foram estruturados basicamente para arrecadação tributária, mas com o passar do tempo e percebendo a importância que o cadastro

possuía com outros órgãos administrativos, cada País foi atribuindo funções de registro de dados que compreendem os dados econômicos e geométricos, as características físicas, ambientais e jurídicas do imóvel além das pessoas da propriedade. (LOCH e ERBA, 2007).

Muitos municípios carecem de informações fidedignas sobre sua realidade devido à ausência de cadastros e mapeamentos confiáveis e atualizados, fazendo com que seus administradores desconheçam a real dimensão dos domicílios, encontrando obstáculos para uma política fiscal justa e ao planejamento urbano adequado (ERBA *et al.*, 2005).

A realização de um bom Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano terá papel importante no desenvolvimento de um município, de acordo com Loch e Erba (2007) um bom cadastro é aquele que contribui para a distribuição equitativa das cargas tributárias, promove a segurança da propriedade e cria bases para o planejamento urbano e regional auxiliando no planejamento e tomadas de decisões, além de contemplar os aspectos econômicos, físicos e jurídicos além da obtenção de dados ambientais e sociais do imóvel e das pessoas que o habitam.

O cadastro técnico urbano deve ser feito de acordo com a realidade do imóvel e lote, devendo conter a localização exata e os limites das parcelas com suas respectivas demarcações (CUNHA e ERBA, 2010).

O Cadastro Técnico Multifinalitário Urbano (CTMU) quando é realizado ou atualizado constantemente em áreas urbanas permite o auxílio no planejamento e tomadas de decisões pelos órgãos municipais além de oferecer benefícios à população (CUNHA e ERBA, 2010).

O CTMU quando atualizado passa a fornecer uma ampla margem de crescimento na arrecadação tributária para o município, podendo atingir uma margem de duas a cinco vezes maior após o primeiro ano de implantação, tornando as cobranças tributárias justas e mais condizentes com a realidade do imóvel (GONÇALVES, 2008).

3.3 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

A utilização de VANT para mais diversos fins vêm crescendo no mercado. Roberto (2013) descreve esses equipamentos como extremamente potentes e flexíveis em obter imagens aéreas com grandes níveis de detalhes em determinada altura de voo.

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) vem despertando diversos tipos de interesse desde o uso para recreação ao uso em mapeamentos fotogramétricos. Mitishita *et al.*

(2014) destacam que o baixo custo e a viabilidade do recobrimento fotogramétrico autônomo são suas principais vantagens.

A utilização de termos para se referir às aeronaves não tripuladas varia muito de interpretação, porém de acordo com o regulamento da ANAC (2017) diz que drone é um termo utilizado popularmente para descrever qualquer aeronave que possua um certo grau de automatismo, porém não se utiliza essa nomenclatura, mas sim Aeromodelos e Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA).

De acordo com a Instrução Suplementar (IS) N.º 21/2012 – Revisão A (ANAC, 2012), a sigla VANT é conhecida como Veículos Aéreos Não Tripulados, no qual é uma aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos.

A ANAC através da norma RBAC-E N.º 94 orienta sobre as definições de aeronaves não tripuladas, entre eles o Aeromodelo que significa toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação e as Aeronave Remotamente Pilotada (RAP) que significa a aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com a finalidade diversa de recreação (ANAC-RBAC-E N.º 94, 2017).

Devido a facilidade da realização de um voo fotogramétrico com VANT, Mitishita *et al.* (2014) sugere seu uso para execução de projetos de engenharia que visam extração de informações atualizadas da superfície da terra, com elevada resolução espacial.

O Uso de VANT ou RPA para obtenção de imagens com um nível de detalhe altíssimo está relacionado com a capacidade do sensor em armazenar as informações espectrais dos objetos e para Silva *et al.* (2017) é possível obter imagens com esses equipamentos de diferentes escalas e conseqüentemente diferente GSD (*Ground Sample Distance* ou Distância de amostra do solo) , para obter resultados satisfatórios durante a realização de um voo fotogramétrico é necessário realizar seu planejamento de acordo com sua finalidade. Silva Neto (2016) descreve GSD como sendo a representação que uma unidade do sensor CCD corresponde na superfície física da terra. De acordo com Tommaselli *et al.* (2000) o sensor CCD (*Charge Coupled Device*) é o coração da tecnologia de imageamento digital, são dispositivos para acoplamento de carga que armazenam as respostas espectrais emitida pelos objetos.

É necessário que se determinem os pontos de apoio de forma que garanta os melhores resultados no processamento das fotos fotogramétricas adquiridas por VANT, para DRONENG (2017) alguns critérios devem ser analisados, entre eles, colocar os pontos na extremidade da área mapeada, colocar pontos em locais onde há grandes variações de altitude no terreno, colocar ponto nas sobreposições entre voos, distribuir os pontos de forma homogênea em toda área mapeada e distribuir pontos de verificação.

O uso dos pontos de apoio é essencial para aumentar a acurácia posicional da ortofoto gerada. Para Campiteli (2016) os pontos de controle são utilizados para a realização da orientação absoluta do modelo criado e os pontos de verificação são utilizados para aferir a acurácia posicional da ortofoto gerada.

3.4 ORTOFOTO

Devido a popularização dos VANT, os produtos fotogramétricos, principalmente as Ortofotos vem ganhando espaço no mercado devido à facilidade em extrair informações. Para Campiteli (2016) uma ortofoto é uma fotografia que mostra imagens de objetos em suas posições ortográficas verdadeiras.

A realização da ortofoto depende do objetivo das informações que se desejam extrair através do modelo representativo da superfície da terra gerado. Ferreira (2016) cita que o Modelo Digital de Superfície (MDS) detalha as informações físicas dos objetos que estão presentes acima do solo, e o Modelo Digital do Terreno (MDT) detalha apenas as informações físicas do solo. Para a determinação do MDT é necessário que se realize um processo de filtragem excluindo os objetos acima da superfície física da terra (Ferreira, 2016).

Campiteli (2016) ressalta que o Modelo Digital do Terreno é utilizado no processo de ortoretificação para determinação da posição real do objeto em relação ao terreno, corrigindo as distorções decorrente da variação do terreno.

A extração de informações das ortofotos geradas com VANT podem ser utilizadas para diversas finalidades, no meio urbano podem ser utilizados para detecção de alterações e avaliação do crescimento urbano em uma determinada área (ROBERTO, 2013).

A qualidade das informações armazenadas nos sensores acoplados nos VANT influencia na geração da ortofoto e em seus níveis de detalhes, em ortofotos com níveis de detalhe altos, para Silva *et al.* (2017) propicia a detecção de detalhes que possibilita a extração de diferentes níveis de informação para a administração do espaço, podendo identificar e

mensurar diversos tipos de feições. Porém o uso de ortofotos para fins de cadastro devem ser avaliadas com grande rigor, pois dependendo do resultado nem sempre se identifica corretamente as feições nem os limites das parcelas causando incertezas na vetorização das edificações, sendo recomendado visitas *in loco* para se obter dados mais confiáveis (SILVA *et al.*, 2017).

Campiteli (2016) cita que uma das principais vantagens da utilização de ortofotos são a possibilidade de se realizar medições diretas, áreas e ângulos e uma desvantagem é o sombreamento que pode causar alguma perda de informações espectrais armazenada no sensor, sendo recomendado a realização do voo entre às 10 horas e 14 horas.

4. MATERIAL E MÉTODO

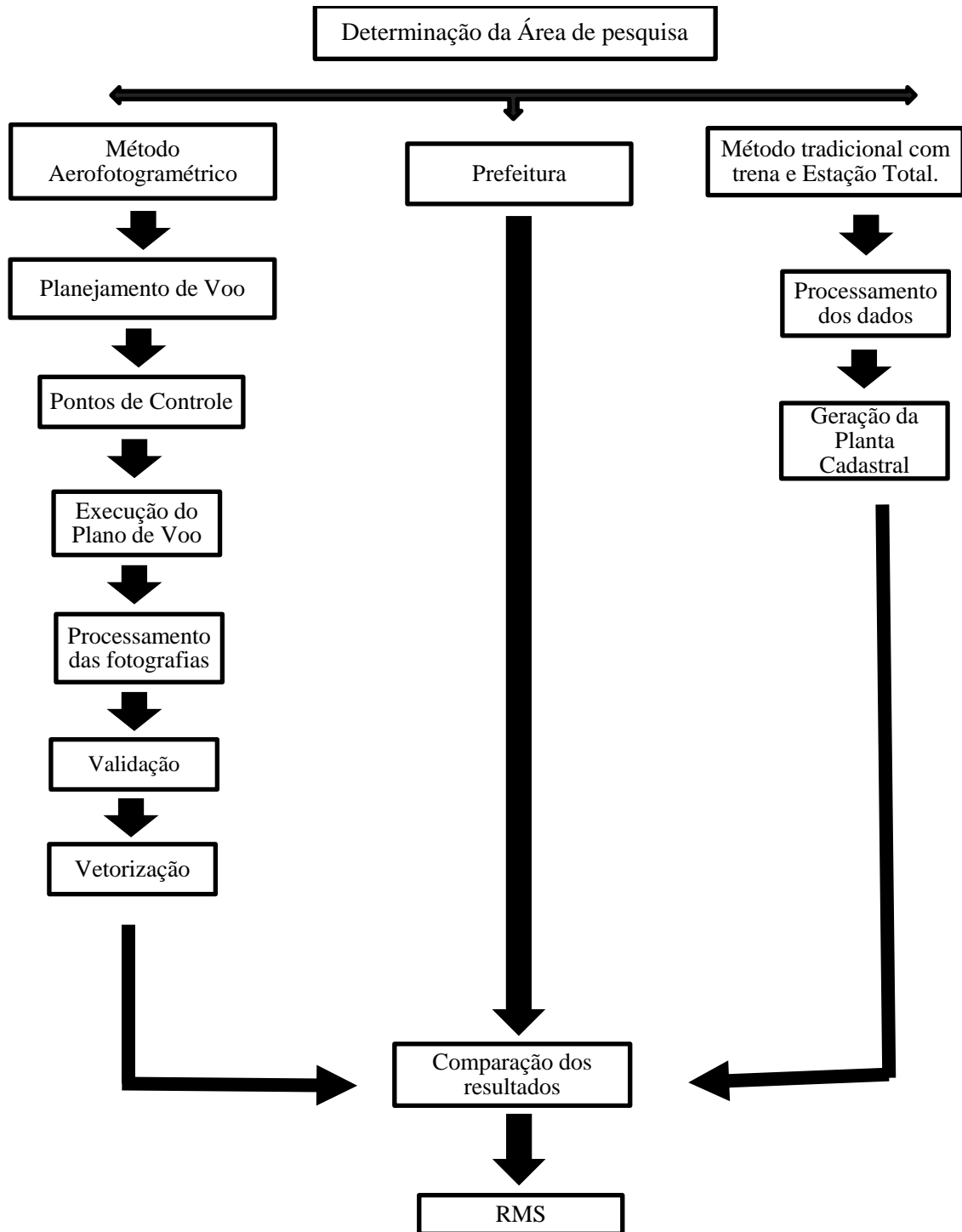
Para melhor leitura e interpretação do conteúdo deste trabalho, foram realizados fluxogramas com os procedimentos adotados na execução desta pesquisa. A partir de agora, para que haja melhor interpretação do conjunto VANT e sensor, quando se tratar do termo VANT já estará se referindo ao uso em conjunto do sensor utilizado para o armazenamento das informações espectrais dos objetos com o VANT.

Primeiramente definiu-se a área a ser mapeada, em seguida realizou-se o planejamento de voo, definindo os parâmetros básicos para sua execução, e o levantamento dos pontos de controle, em seguida realizou-se o voo fotogramétrico com o VANT e o processamento dessas fotografias com a utilização do *software Agisoft PhotoScan* versão 1.3.1, analisou-se a validação do modelo através dos pontos de controle.

Após o modelo validado, realizou-se a vetorização da ortofoto no *software AutoCAD Educacional 2017*. A área de estudo foi vetorizada também por um discente que cursa o 10º período do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Instituto Federal do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes para, posteriormente, ser comparado na análise dos resultados. Para concluir a pesquisa realizou-se a comparação da área construída de cada parcela vetorizada com a área obtida pela prefeitura de Inconfidentes-MG. Também foram realizadas na área de pesquisa, medidas das testadas das casas, áreas dos lotes e das áreas construídas dos imóveis com a utilização de trena, apoiada por um levantamento topográfico com Estação Total.

O Fluxograma 1 mostra as etapas utilizadas durante toda a realização desta pesquisa, desde a determinação da área até a análise dos resultados obtidos.

Fluxograma 1: Planejamento da realização da pesquisa.



4.1 MATERIAL UTILIZADO

- *Software* Datageosis Educacional;
- *Software* GNSS Solutions;
- *Software* PhotoScan;
- *Adobe Photoshop Lightroom*;
- *Software* AutoCAD Educacional;
- Estação Total da Leica TS-06;
- Sistema GNSS PROMARK 220;
- Primas, Bastões, Tripés, Bipés, trena de 20 metros. Para a realização dos alvos utilizouse de folha modelo EVA e de um pacote de cal;
- VANT SOLO 3 DR: Asa rotativa, Envergadura de 34,131 x 32,544 cm;
- Câmera GoPro HERO 4 Black:

O sensor utilizado para armazenar as informações espectrais dos objetos foi uma câmera GoPro HERO 4 Black, com principais parâmetros:

- Distância focal: 2,77 mm;
- Tamanho da unidade GSD no sensor CCD: 1,55 μm ;
- Tamanho da foto em linhas (X): 4000 pixels;
- Tamanho da foto em colunas (Y): 3000 pixels;

A integração entre o sensor e o VANT foi realizado por um Gimbal, que permite o movimento da câmera de 0° a 90° durante a realização do voo para as tomadas de fotos.

Para a realização dos cálculos de distância e área foram utilizados como referência a estação de monitoramento contínuo do IBGE localizada na sede do setor de Agrimensura e Cartográfica, a MGIN – Inconfidentes.

A estação MGIN possui as seguintes coordenadas na projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) e geodésicas respectivamente, ambas estão referenciadas no Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS2000.

- 363 219,730 metros E;
- 7 531 309,953 metros N;
- Latitude: 22° 19' 6,82327" S;
- Longitude: 46° 19' 40,88658" W;
- Altitude elipsoidal de 883,720 m.

Para o processamento dos dados com a Estação Total foram adotados os seguintes valores para X e Y para a conversão para o sistema topográfico local:

- X= 150 000,000 m;
- Y= 250 000,000 m.

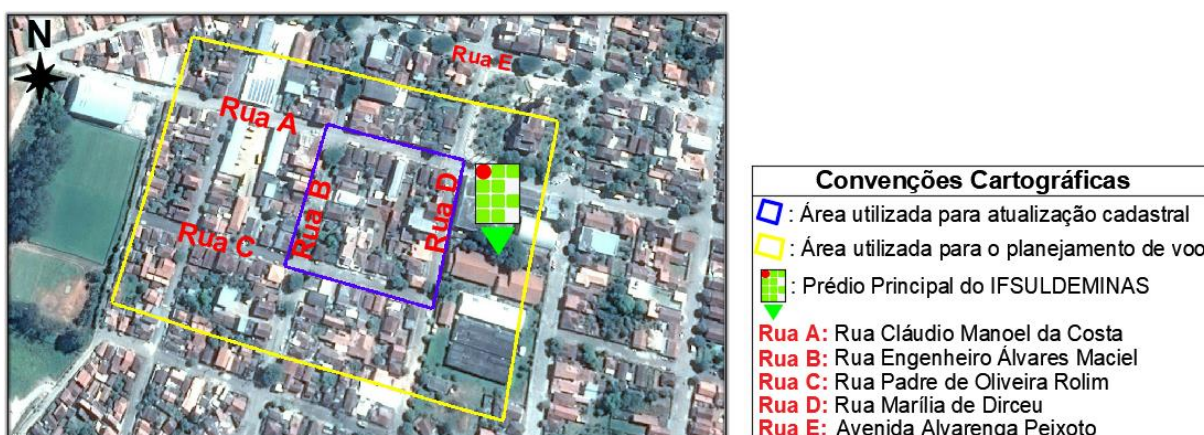
Todo o sistema cartográfico está referenciado no Sistema Geodésico Brasileiro SIRGAS2000, Fuso 23 e Meridiano Central de -45° .

4.2 ÁREA DE ESTUDO

A área localiza-se no centro da cidade de Inconfidentes no Sul do Estado de Minas Gerais, próximo ao Instituto Federal, possuindo diversos tipos de benfeitorias, como casas, prédios, comércio, podendo assim obter maiores variações para análise da vetorização. A figura 1 mostra a área escolhida, que se localiza ao lado esquerdo do Instituto Federal. A área está delimitada por dois polígonos, o polígono azul identifica o quarteirão utilizado para a extração de informações das características físicas dos imóveis para o presente trabalho e o polígono amarelo identifica a área determinada para a realização do plano de voo. O polígono azul possui área e perímetro de aproximadamente de 15930,60 m² e perímetro 504,34 m respectivamente, o polígono amarelo possui área de 83034,50 m² e perímetro de 1165,48 m.

A figura 2 mostra a área de pesquisa por uma imagem aérea obtida durante a realização do voo fotogramétrico com o VANT.

Figura 1: Localização da área de estudo no município de Inconfidentes-MG.



Fonte: Adaptado de Google Earth Pro.

Figura 2: Área de estudo.



4.3 MÉTODO FOTOGRAMÉTRICO PARA ATUALIZAÇÃO CADASTRAL URBANA

Para a realização do planejamento do voo fotogramétrico com a utilização do VANT, utilizou-se de uma área maior que a desejada para evitar que houvesse algum problema na aérea de pesquisa, como distorções causada nas bordas da ortofoto em regiões que não há recobrimento ou há recobrimentos com poucas fotografias. Para a realização dos cálculos do plano de voo, primeiramente foram estabelecidos os parâmetros de sobreposição da foto, longitudinalmente e lateralmente. Como a câmera utilizada produz distorção nas extremidades das fotografias devido a lente da câmera ser grande angular, faz com que ocorra o fenômeno conhecido como “olho de peixe”, sendo necessário eliminar essa parte com distorção antes de iniciar o processamento fotogramétrico no *software PhotoScan*, para a eliminação dessas distorções utilizou-se do *software Adobe Photoshop Lightroom*.

Belo (2016) em sua pesquisa sobre “Definição dos lineares de segurança para planejamento de voo de drone com a finalidade de gerar produtos fotogramétricos” após várias realizações de diferentes recobrimentos, durante o processamento das fotografias aéreas para casos com recobrimento longitudinal menor que 65% não foi possível determinar o RMS devido a impossibilidade de se realizar o alinhamento das imagens.

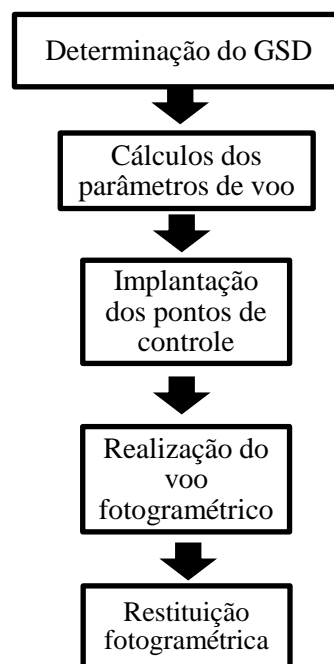
Belo (2016) conclui que em seu trabalho foram obtidos cinco ortomosaicos com recobrimento de 90%, 80%, 70%, 65% e 60%, sendo que os ortomosaicos com recobrimentos de 65% e 60% não apresentaram resultado satisfatório, apresentando ausência de sobreposição suficiente para se ter estereoscopia.

Para não ter problemas de sobreposição das fotos aéreas durante o processamento fotogramétrico, utilizou-se os seguintes recobrimentos:

- Recobrimento Longitudinal de 70%;
- Recobrimento Lateral de 70%;

O fluxograma 2 mostra os procedimentos adotados na realização do planejamento e realização do voo fotogramétrico com o VANT.

Fluxograma 2: Planejamento do Voo Fotogramétrico.



4.3.1 TAMANHO DO GSD E ALTURA DE VOO

A determinação da altura de voo foi em função do tamanho do GSD no terreno. Como se trata de uma área urbana envolvida por diversos tipos de construções e divisões entre os lotes o tamanho do GSD no terreno teria que satisfazer a esses detalhes para que seja possível a realização da interpretação e vetorização dos objetos.

Para se ter o tamanho máximo do GSD, observa-se a menor unidade no terreno para ser visualizada como menor unidade cartográfica. Adotou-se como base a largura de um tijolo maciço cerâmico para alvenaria pois são tijolos com dimensões pequenas, que poderão estar nos limites das feições a serem vetorizadas (muro, parede das casas). Sendo assim qualquer

tijolo de furo ou blocos que possuir dimensões maiores que o tijolo maciço cerâmico será identificado sem problemas no momento da vetorização da ortofoto. As dimensões seguem os padrões da ABNT estabelecidos pelas normas da ABNT NBR 7170 e NBR 8041 disponível na tabela 1. A figura 3a ilustra a posição de cada dimensão.

Figura 3: Posições das dimensões do tijolo.

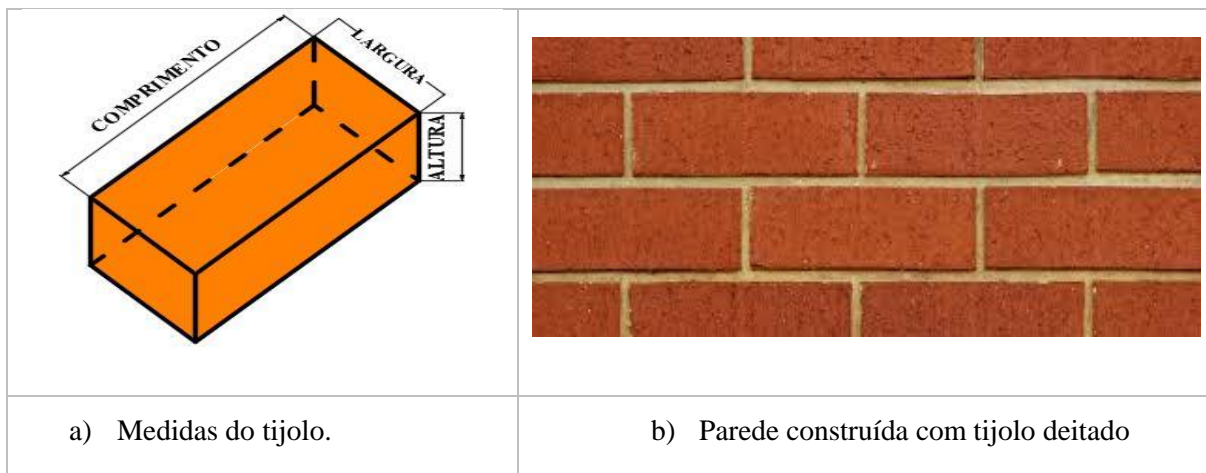


Tabela 1: Dimensões de um tijolo de cerâmica para alvenaria (Centímetros).

COMPRIMENTO	LARGURA	ALTURA
19,0	9,0	5,7
19,0	9,0	9,0

Determinou-se que o tamanho do GSD não poderia passar da metade da menor unidade, nesse caso o muro é construído com tijolo maciço cerâmico deitado (figura 3b), que é assentado com a largura para baixo seguindo o sentido de seu comprimento. Logo acrescentando 2 cm de cada lado do reboco do tijolo totaliza-se 13 cm. Portanto o tamanho do GSD não poderá ultrapassar 6,5 cm. O decreto N.º 9.310 de 15 de março de 2018 em seu artigo 29 estipula 8 cm como erro posicional esférico do vértice definidor do limite.

A área possui respectivamente altitudes máxima, mínima e média de 896, 860 e 878 m, sofrendo uma variação de trinta e seis metros entre o ponto mais alto e mais baixo e dezoito metros em relação à média.

O GSD foi calculado em relação a altitude média da área com altura de voo de 60 m, apresentando um valor de 3,36 cm, o GSD calculado apresentará uma variação no terreno em função da diferença de nível da área.

- GSD para a altitude mínima: 4,36 cm;
- GSD para a altitude máxima: 2,35 cm;

Para os cálculos do GSD utilizou-se a equação 1:

$$GSD = \frac{H \times k}{f} \dots\dots\dots (1)$$

em que:

- H = Altura de Voo;
- GSD = Tamanho que um pixel no sensor CCD corresponde na superfície física da terra;
- f = Distância focal;
- K = Tamanho do pixel no sensor CCD.

4.3.2 CÁLCULOS PARA EXECUÇÃO DO VOO

Após a definição do GSD e da altura de voo, determinaram-se os demais parâmetros para a realização do voo fotogramétrico:

Através da equação 2 determina-se a escala de projeto calculada de acordo com o GSD planejado, em relação a altitude média da área de interesse para o planejamento de voo.

$$E = \frac{\text{Menor Unidade Cartográfica}}{GSD} \dots\dots\dots (2)$$

Em que:

- E = Escala;
- Menor unidade cartográfica = 0,2 mm ou 0,0002 m;

Com a equação 3 determina-se a escala de voo através da relação da altura de voo com a distância focal da câmera.

$$\text{Escala de Voo} = \frac{f}{H} \dots\dots\dots (3)$$

Para prosseguir com os cálculos e determinar os demais elementos utilizam-se as equações 4, 5, 6, 7 e 8 para encontrar o tamanho da foto no sensor CCD e no terreno.

$$TFx \text{ no sensor} = k * \text{Tamanho do sensor (total de colunas)} \dots\dots\dots (4)$$

$$TFy \text{ no sensor} = k * \text{Tamanho do sensor (total de linhas)} \dots\dots\dots (5)$$

$$TFx \text{ no terreno} = \text{Denominador da Escala de Voo} * (TFx \text{ no sensor}) \dots\dots\dots (6)$$

$$TFy \text{ no terreno} = \text{Denominador da Escala de Voo} * (TFy \text{ no sensor}) \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{Área da foto no terreno} = TFx \text{ no terreno} * TFy \text{ no terreno} \dots\dots\dots (8)$$

Em que:

- FT = Tamanho da foto no sensor CCD;
- $TFTL$ = Tamanho da foto no terreno longitudinalmente;
- $TFTT$ = Tamanho da foto no terreno transversalmente;
- $TFx \text{ no sensor}$ = Tamanho da foto no sensor CCD no seu eixo de coordenadas X;
- $TFy \text{ no sensor}$ = Tamanho da foto no sensor CCD no seu eixo de coordenadas Y;
- $TFx \text{ no terreno}$ = Tamanho da foto no terreno no seu eixo de coordenadas E;
- $TFy \text{ no terreno}$ = Tamanho da foto no terreno no seu eixo de coordenadas S;
- $\text{Área da foto no terreno}$ = Corresponde ao tamanho que o sensor CCD corresponderá sobre a superfície da terra.

A aerobase ou a distância entre as tomadas de fotos na linha de voo é determinada com a equação 9:

$$B = \frac{TFy \text{ no sensor} \times \text{Denominador da Escala de Voo} \times (100 - Rlong)}{100} \dots\dots\dots (9)$$

Em que:

- B = Aerobase;
- $Rlong$ = Recobrimento Longitudinal;

A distância entre faixas é determinada através da equação 10.

$$W = \frac{TFx \text{ no sensor} \times \text{Denominador da Escala de Voo} \times (100 - Rlat)}{100} \dots\dots\dots (10)$$

Em que:

- W = Distância entre faixas;
- $Rlat$ = Recobrimento Lateral;

A tabela 2 contém todos os parâmetros de voos calculados pelas equações anteriores.

Tabela 2: Dados do Plano de Voo.

Altura de Voo (m)	60,000
Recobrimento Longitudinal (%)	70,000
Recobrimento Lateral (%)	70,000
GSD (cm)	3,360
Escala de projeto	1 : 168
Escala de Voo	1 : 21660,650
Tamanho Foto no sensor " para X " (mm)	6,200
Tamanho Foto no sensor " para Y " (mm)	4,650
Tamanho Foto no Terreno" para X " (m)	134,296
Tamanho Foto no Terreno " para Y " (m)	100,722
Área da foto (m ²)	13526,568
Aerobase "B" (m)	30,217
Distância entre Faixas "W" (m)	40,289
Total de Faixas	5
Total de Fotos	68
Velocidade (metros/segundos)	5

4.3.3 SOFTWARE MISSION PLANNER

Para a conferência do planejamento de voo realizado, utilizou-se do *software Mission Planner* que é um *software* livre para planejamentos de voo de diversos tipos de aeronaves.

A figura 4 mostra as linhas de voo dentro do *software Mission Planner*. O *software* utiliza de números pares para definir o início e o final de cada linha de voo. A primeira linha tem início no número 2 e final no número 4. A segunda linha de voo tem início no número 6 e final no número 8. Assim, seguem as linhas de voo até chegar no final da última linha, que é representada pelo número 20. A linha em vermelho, entre os números, indica o trajeto e o sentido do voo com o VANT. Esses dados são inseridos no VANT, que realizará o voo no modo automático.

Figura 4: Linhas de voo no *software Mission Planner*.



Fonte: Adaptado de *Software Mission Planner*.

4.3.4 PONTOS DE CONTROLE

Na distribuição dos pontos de controle, foram utilizados 10 pontos espalhados pelo terreno, distribuído entre os cantos da área e na parte central de modo que em todas as fotos tivesse no mínimo dois pontos de controle no processamento das imagens. A figura 5 mostra a distribuição dos pontos de controle na área.

Figura 5: Pontos de Controle.



Fonte: Google Earth Pro.

Para garantir o processamento dos dados levantados com o sistema *GNSS Promark 220*, utilizou-se o método de posicionamento relativo estático rápido. A estação MGIN serviu de Base para os processamentos dos dados, ela recebe informações de 1,5 s, o tempo mínimo de rastreamento em cada ponto deveria ser de 7 min 30 s, porém para garantir uma margem maior de segurança foi utilizado o tempo de rastreamento entre 10 a 15 min.

As figuras 6 e 7, mostram alguns dos Pontos de Controle sendo rastreados pelo sistema GNSS. Na figura 6, o rastreamento é sobre o Ponto de Controle 07, que se encontra próximo à praça Tiradentes em frente ao prédio principal do IFSULDEMINAS. Por ser uma região com bloquetes, utilizou-se dos alvos confeccionados com folha modelo EVA para a materialização deste alvo no dia do voo. Na figura 7, mostra o GNSS sobre o Ponto de Controle 06, que se localiza no centro do lote que será atualizado. Como é um lugar caracterizado por vegetação, utilizou-se para a materialização do alvo, o cal.

Figura 6: Ponto de Controle 07 sendo rastreado em um dos cantos da área mapeada.



Figura 7: Ponto de Controle 06 sendo rastreado no centro da área mapeada.



Após a realização do rastreamento de todos os pontos de controle e verificação utilizou-se o *software GNSS Solutions* para o processamento desses dados.

A tabela 3 mostra as coordenadas UTM dos pontos de controle processada no *software GNSS Solutions*.

Tabela 3: Coordenadas UTM dos Pontos de Controle.

Alvo	Coordenadas UTM (m)				
	E	N	H	Precisão Horizontal (σ_h)	Precisão Vertical (σ_v)
PC 01	362 924,878	7 531 335,602	850,001	0,004	0,002
PC 02	362 950,467	7 531 457,310	847,168	0,004	0,003
PC 03	362 980,357	7 531 389,032	850,627	0,004	0,002
PC 04	363 014,239	7 531 319,785	858,761	0,004	0,002
PC 05	363 052,618	7 531 436,960	853,186	0,003	0,003
PC 06	363 091,131	7 531 360,670	859,974	0,004	0,002
PC 07	363 162,384	7 531 414,142	858,476	0,004	0,002
PC 08	363 129,360	7 531 291,022	868,520	0,004	0,002
PC 09	363 239,830	7 531 394,746	862,013	0,004	0,003
PC 10	36 3191,796	7 531 368,898	862,994	0,004	0,003

* **H**= Altitude Geométrica ou Elipsoidal.

4.3.5 ALVOS PARA OS PONTOS DE CONTROLE

Para a materialização dos Pontos de Controle em campo durante a execução do voo fotogramétrico, foram confeccionados alvos com folhas modelo EVA das cores verde, amarelo e vermelho, com dimensões de 10 cm de largura por 60 cm de comprimento.

Para lugares em que o verde do alvo poderia se misturar espectralmente com o verde da vegetação, foram materializados alvos de cores vermelha ou amarela ou com cal.

A figura 8 traz as medidas e sua forma como foi implantada no terreno para atender o voo. A figura 9 mostra imagens dos pontos de controle no dia do voo. Como o GSD calculado foi de 3,36 cm, dois pixels somariam aproximadamente os 6,5 cm estipulados como tamanho máximo que o GSD (item 4.3.1). Portanto, o alvo (figura 8), possibilita 3 pixels na sua largura e seria possível sua identificação na superfície terrestre.

Figura 8: Dimensões dos alvos.

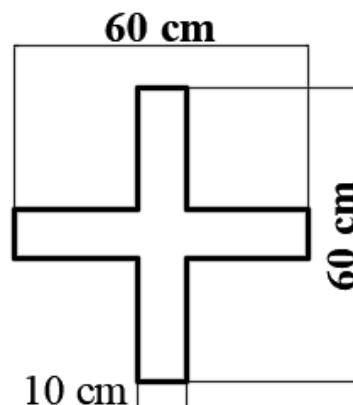
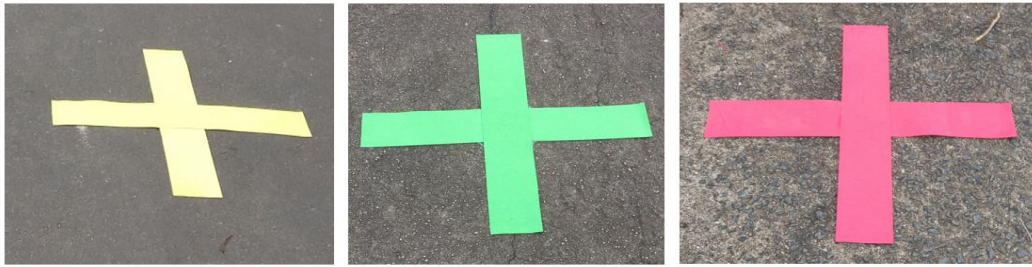


Figura 9: Alvos de modelo EVA no dia do Voo.



4.3.6 REALIZAÇÃO DO VOO FOTOGRAMÉTRICO

O voo fotogramétrico foi realizado no dia 10 de março de 2018, entre o período do meio dia a uma hora da tarde, devido ser um dos melhores horários, uma vez que sol está próximo ao zênite do observador (hemisfério sul) e evitar assim áreas sombreadas, oferecendo mais refletância dos objetos. O voo foi realizado no modo automático.

As figuras 10 e 11 mostram o VANT e o rádio comunicador, respectivamente.

Figura 10: VANT SOLO 3 DR.



Figura 11: Rádio Comunicador.



4.3.7 PROCESSAMENTO DAS FOTOS

Para a realização do processamento das fotografias aéreas é necessário realizar uma conferência para evitar importação no *software* de fotos que podem causar alguma informação tendenciosa durante as etapas de processamento com base nas técnicas fotogramétricas.

Antes de iniciar o processamento das fotos, primeiramente realiza-se a conferência e assim inicia-se o processamento das imagens com base nas técnicas fotogramétricas.

As fotos obtidas foram processadas com *software Agisoft PhotoScan* no laboratório de Fotogrametria, Robótica e Inovação (FOTOROBI) do IFSULDEMINAS – Campus

Inconfidentes do Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, durante a realização do processamento das fotografias aéreas, pode-se dizer que o processamento é dividido em duas partes iniciais antes da geração dos produtos finais, primeiramente realiza-se a orientação interior que segundo Coelho e Brito (2007), conceitualmente consiste apenas em colocar as imagens, uma a uma, em posição semelhante à que exerciam dentro da câmara, no momento em que foram obtidas, alinhando assim as fotografias de acordo com o momento de sua aquisição pelo sensor no *software* fotogramétrico. E a segunda parte é a orientação exterior que necessita conhecer nas fotografias aéreas as coordenadas dos alvos que serão utilizados como os pontos de controle para calcular a orientação das imagens em relação ao sistema de coordenada no campo. Segundo Coelho e Brito (2007), o objetivo primordial da orientação exterior é a obtenção da posição e da atitude do sensor ao coletar cada imagem fotográfica em relação ao referencial do espaço-objeto, portanto pode-se dizer que para orientar externamente uma imagem deve-se conhecer seus seis parâmetros de orientação exterior: as coordenadas no espaço-objeto para o centro de perspectiva e os ângulos de rotação ou de atitude do sensor $kappa$, phi e $omega$ (k , f , w) conhecidos como os ângulos de *Euller*. Em seguida realiza-se a fototriangulação que Coelho e Brito (2007) destacam como um dos principais processos para mapeamento topográfico a partir de fotografias aéreas pois possibilita a determinação das coordenadas do terreno através dos pontos de controle nas fotos.

Na realização da fototriangulação com o ajustamento por feixes perspectivas (*Bundle adjustment*) o ajustamento é realizado para o bloco inteiro das fotografias, obtendo os parâmetros de orientação exterior para as fotos aéreas pertencente ao bloco, mais as coordenadas tridimensionais dos pontos de controle. Coelho e Brito (2007) entendem que o ajustamento pelo método do *Bundle Adjustment* pode ser entendido como a realização de um único ajustamento para as fotos aéreas para a obtenção da orientação exterior para todas fotos aérea associadas as coordenadas no espaço-objeto.

Após a realização desses procedimentos que envolvem a orientação interior, orientação exterior e a triangulação aérea, gera-se o MDS e em seguida a Ortofoto que se apresentará em escala constante, podendo assim, extrair informações confiáveis de acordo com o tamanho da resolução espacial que a mesma possa oferecer. Para a realização da ortofoto, primeiramente determinou-se o MDS de forma automática e a realização da ortofoto também é gerado de forma automática no *software Agisoft PhotoScan*.

4.3.8 VETORIZAÇÃO DA ORTOFOTO

Para a realização da vetorização dos lotes e das áreas construídas, adotou-se dois critérios. Para os lotes adotou-se como critério o meio dos muros de suas divisas e para as áreas construídas os cantos dos telhados.

A vetorização sobre a ortofoto gerada, foi dividida em duas partes. Primeiramente a vetorização realizada pelo autor deste trabalho e outra vetorização realizada por outra pessoa que também é estudante do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do IFSULDEMINAS – campus Inconfidentes, chamada aqui de Discente “A”.

Foram vetorizados os limites dos lotes e os limites das áreas construídas, adotando como limites os cantos dos telhados e depois descontando 40 cm em todos os lados dos imóveis para que fosse descontado o beiral das casas. Para se chegar no valor de 40 cm realizou-se uma análise da média dos beirais das residências espalhadas pela quadra em estudo.

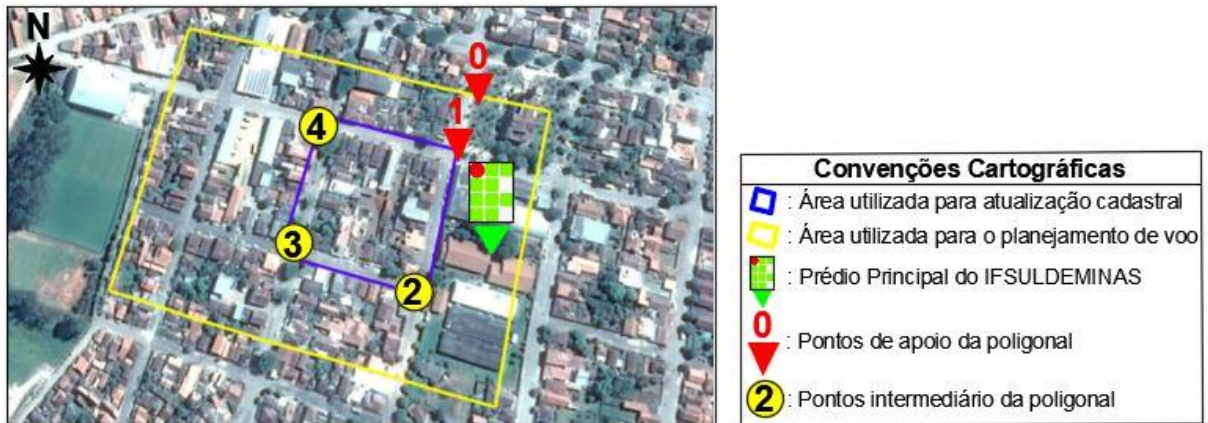
4.4 MÉTODO TRADICIONAL DE ATUALIZAÇÃO CADASTRAL URBANO

O levantamento topográfico com trena e Estação Total auxiliou na determinação das testadas dos imóveis para enquadrar corretamente o levantamento interno dos lotes realizados com trena. Utilizou-se de uma poligonal fechada, apoiada em dois pontos com coordenadas determinadas através de um receptor *GNSS PROMARK 220* e processada no laboratório de Geoprocessamento do setor de Agrimensura e Cartografia do IFSULDEMINAS – campus Inconfidentes com os *softwares GNSS Solutions e Datageosis Educacional*. No processamento desses dados foram utilizados no sistema de referência geodésico SIRGAS2000 e utilizada como base a Estação de Monitoramento Contínuo MGIN de Inconfidentes.

Os levantamentos das construções internas dos lotes foram realizados com trena, no qual foi pedido autorização de cada morador para que pudesse ter acesso às residências, no total foram cadastradas 11 casas.

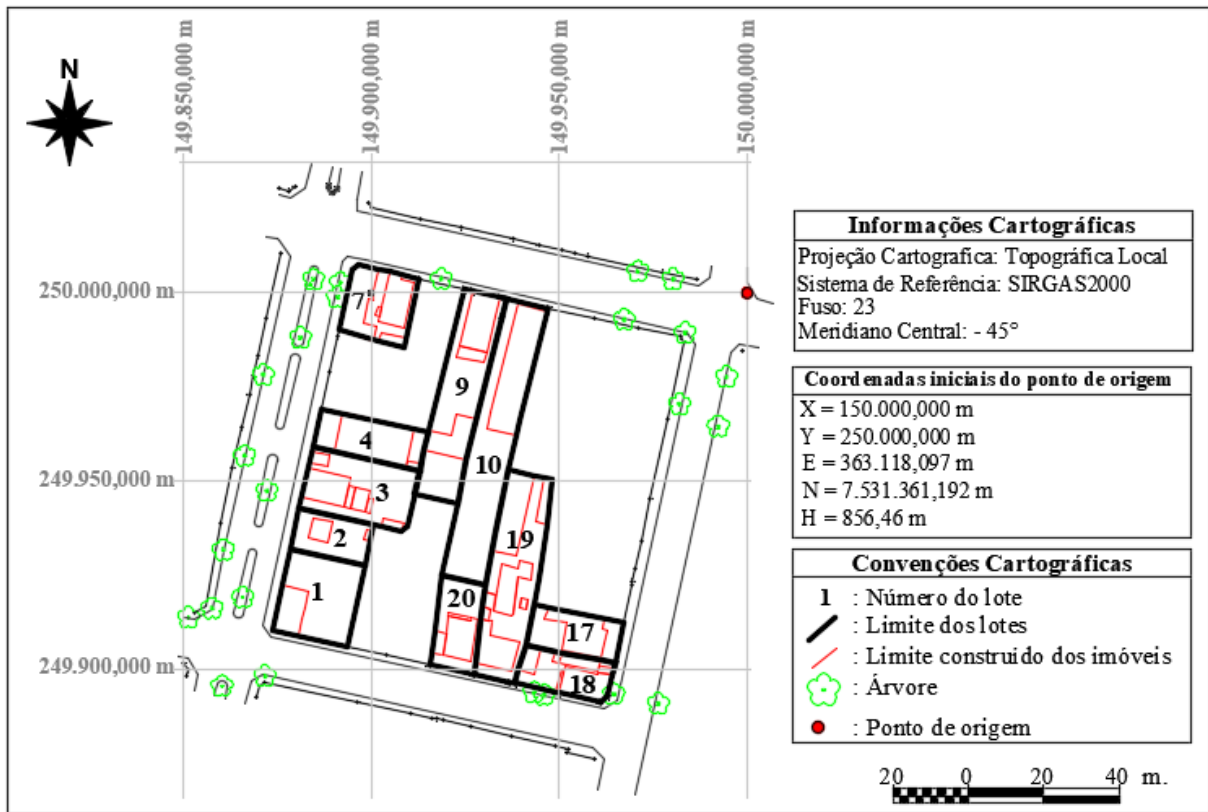
A figura 12 mostra os pontos em triângulos utilizados como apoio para a poligonal, e os pontos intermediários 2, 3 e 4 que foram utilizados na poligonal. A figura 13 mostra o resultado do levantamento com a quadra com os lotes e as construções.

Figura 12: Posição dos pontos de apoio e intermediário para o levantamento topográfico cadastral.



Fonte: Adaptado de *Google Earth Pro*.

Figura 13: Levantamento com Estação Total e Trena.



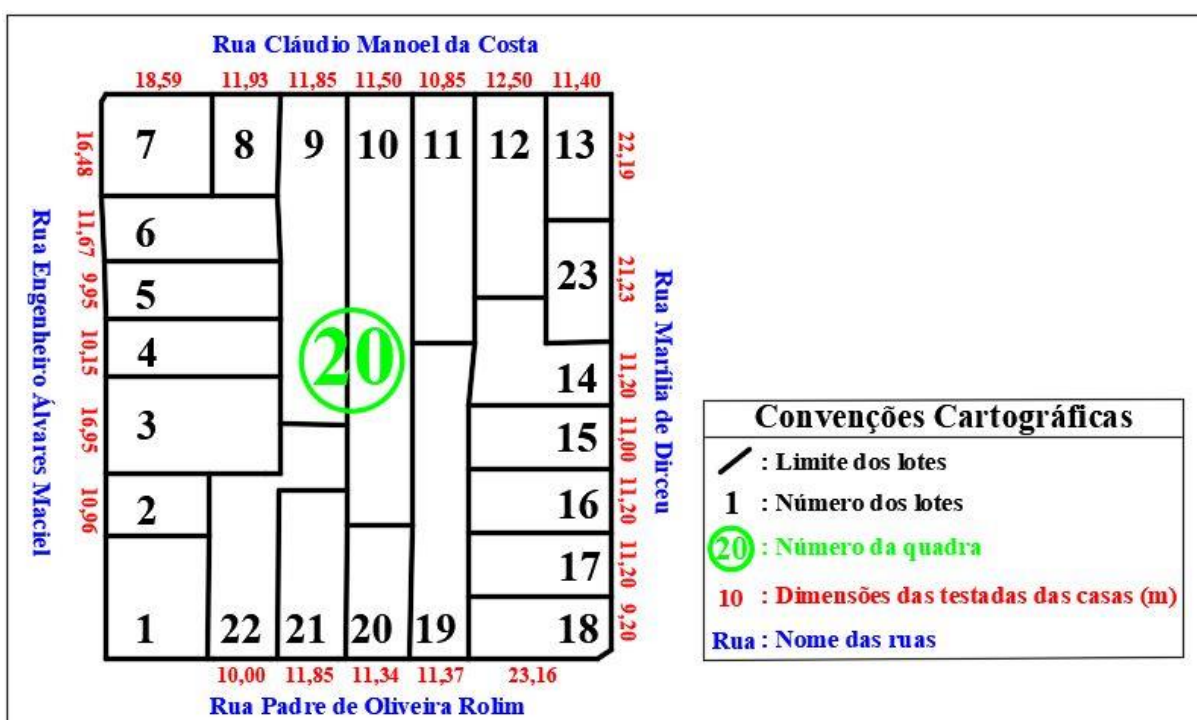
4.5 DADOS DA PREFEITURA

Para a realização das comparações dos valores obtidos das áreas dos lotes, das áreas construídas e das testadas dos imóveis, foi realizado uma visita na prefeitura do município, que após um requerimento, disponibilizou um documento impresso, contendo tabelas com informações do número da quadra, número dos lotes, medida das testadas, área dos lotes e as

áreas construídas. As áreas construídas foram utilizadas para a realização da comparação final com as áreas vetorizadas na ortofoto.

A figura 14 corresponde ao croqui, ilustrativo, confeccionado pelo autor deste trabalho, com as informações impressas e em tabelas fornecidas pela prefeitura. O croqui tem como finalidade apenas de apresentar a posição de cada lote na quadra em análise. Na figura 14 está contida a numeração de cada lote, nome das ruas, dimensões das testadas dos lotes e o número da quadra. O lote 1 não continha informação da medida da sua testada. O registro da quadra no banco de dados do município é a de número 20.

Figura 14: Croqui ilustrativo da quadra em estudo.



A tabela 4 mostra os dados disponibilizados pela prefeitura contendo área dos lotes e as áreas construídas, que são utilizadas para a cobrança de arrecadações tributárias. O lote 10 não contém a área construída pois o mesmo até o presente trabalho está passando pelo processo de construção.

Tabela 4: Medidas dos lotes, áreas construídas e testadas fornecidas pela prefeitura.

Número do Lote	Área (m ²)		Testada dos lotes (m)
	Lote	Construída	
1	400,660	94,300	-
2	204,140	27,750	10,960
3	516,940	92,400	16,950
4	303,540	316,240	10,150
5	306,170	146,700	09,950
6	357,890	109,000	11,670
7	346,580	197,340	16,900
8	206,280	62,800	12,420
9	648,320	134,400	11,1200
10	870,000	-	11,540
11	468,650	95,600	12,090
12	445,680	127,500	12,280
13	260,530	269,780	11,700
23	259,610	236,610	21,230
14	378,960	685,730	11,200
15	274,990	53,600	11,000
16	279,990	67,300	11,200
17	279,990	84,000	11,200
18	265,130	139,840	9,200
19	606,700	124,800	11,370
20	271,000	79,280	11,340
21	395,070	108,000	11,850
22	434,610	220,330	10,000

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 VOO FOTOGRAMÉTRICO

Após realizar todos os procedimentos necessários para calibrar o VANT e colocá-lo em seu ponto de partida, deu-se início ao voo fotogramétrico que mesmo com todo cuidado e partindo do lugar mais alto do terreno mapeado, houve interferência entre o VANT e o rádio comunicador devido à perda de sinal ocorrida na segunda linha de voo, houve a necessidade da realização de mais um voo na sequência para refazer a linha 2. As figuras 15 e 16 mostram as linhas de voo e o trajeto do VANT durante a execução do voo fotogramétrico.

Figura 15: Trajeto do VANT no primeiro voo.

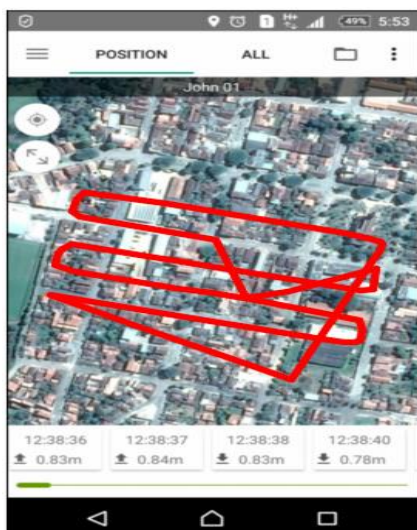


Figura 16: Trajeto do VANT no segundo voo.



5.2 RESULTADO DO PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

5.2.1 ALVOS FOTOGRAMÉTRICOS

O material utilizado como alvo na cor vermelha não apresentou resultado satisfatório devido à dificuldade de interpretação do seu centro, causada pela mistura espectral dos pixels que formam o alvo com os pixels vizinhos.

As figuras 17 a 24 mostram que os alvos de cor vermelha apresentaram problemas de visualização em relação aos demais alvos de cores verdes e amarelas que tiveram resultado satisfatórios.

Nas figuras 17, 18, 19, 20, 21, 22 os alvos vermelhos aparecem tanto na foto quanto na ortofoto gerada. Os alvos das figuras 17 e 18 foram descartados devido a impossibilidade de se localizar seu centro, nas figuras 19, 20, 21 e 22 percebe-se que é possível identificar o seu centro, porém houve uma leve mistura espectral entre o pixel central do alvo com os pixels vizinhos.

Figura 17: Alvo Vermelho descartado na foto.



Figura 18: Alvo vermelho descartado na ortofoto.

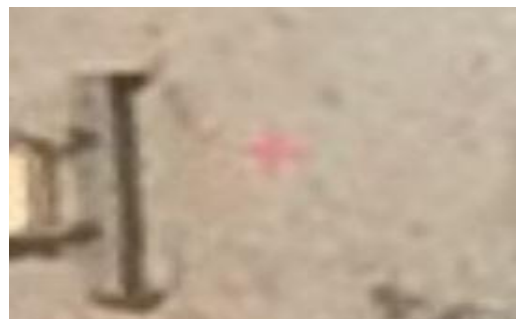


Figura 19: Alvo Vermelho na foto no asfalto.



Figura 20: Alvo vermelho na ortofoto no asfalto.



Figura 21: Alvo vermelho na foto no cimento.



Figura 22: Alvo vermelho na ortofoto no cimento.



Nas figuras 23 e 24, estão alvos de cores vermelha e amarela. Analisando as figuras, os alvos amarelos apresentaram melhores respostas espectrais do que o alvo vermelho. O alvo vermelho misturou-se espectralmente com pixels vizinhos, logo, percebe-se o alvo vermelho, porém considera-se difícil identificar seu centro, enquanto o alvo amarelado tanto na foto quanto na ortofoto apresentaram bons resultados espectrais.

Figura 23: Alvos vermelho e amarelo na foto.



Figura 24: Alvos vermelho e amarelo na ortofoto.



As figuras 25, 26, 27, 28 mostram os alvos de cores amarela e verde nas fotos e na ortofoto. Apresentaram bons resultados espectrais, os seus pixels centrais não se misturaram espectralmente com os pixels vizinhos, logo, torna-se possível identificar o seu centro com facilidade. Apesar da boa resposta espectral esses alvos não foram usados devido estarem numa posição espacial desfavorável ao ajustamento de observações.

Figura 25: Alvos de cor amarela na foto.



Figura 26: Alvos de cor amarela na orto.



Figura 27: Alvo de cor verde na foto.



Figura 28: Alvo de cor verde na orto.



5.2.2 DISTORÇÃO NA ORTOFOTO

A ortofoto gerada apresentou algumas distorções em regiões com árvores. Esse fato ocorre, pois, durante o processo de aerotriangulação a interpolação é usada para preenchimento de todos os pontos da imagem raster com as alturas da superfície. O processo de geração de ortofoto usa a equação de colinearidade. Esta, por sua vez, necessita de um valor de altura da superfície (Z) para estimar a posição do valor espectral na imagem de referência. Portanto, o algoritmo calcula a posição do pixel na imagem referência, com o valor de altura (Z) interpolada equivocada. Logo, a posição do pixel também ficará deslocada da posição ideal. Atribuindo um valor espectral diferente de seu vizinho, não dando continuidade a um objeto, como por exemplo, um meio fio. Uma solução que poderia recomendar, é que realize voos cruzados sobre regiões encobertas para que se possa ter mais fotos da mesma área evitando regiões nas fotos com obstrução dos objetos.

A Figura 29 mostra as distorções causadas pela interpolação entres os pixels da copa da árvore com os próximos à superfície da terra, como na interpolação o *software* fotogramétrico realiza uma média entre as respostas espectrais dos objetos armazenadas nos pixels, é possível identificar a tendência que ele tem de distorcer para o lado da árvore devido

à copa da árvore possuir uma área maior que os pixels correspondentes ao meio fio próximo à superfície física da terra. Na figura 30 é possível perceber um pouco de distorção entre a região das árvores.

Figura 29: Distorção próximo à árvore.

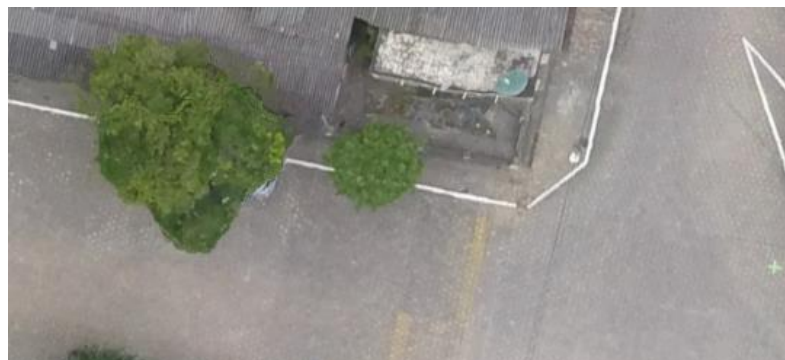


Figura 30: Distorção entre árvores.



Comparando as figuras 29, 30, 31 é possível perceber que quanto maior a árvore ou os objetos próximos a regiões do meio fio, maior tende a ser a distorção, pois maior tende a ser a área de obstrução. Nas figuras 29 e 30 que as árvores possuem copas maiores, a distorção também foi maior, já na figura 31 não houve distorção em árvores pequenas.

Figura 31: Ortofoto com árvores pequenas.



As distorções geradas não influenciaram na vetorização já que os cantos do quarteirão e a região das casas não apresentaram distorções. A figura 32 mostra uma das ruas do quarteirão em pesquisa, no qual apresentou resultado sem distorção mesmo com árvores em uma pequena região.

Figura 32: Rua Cláudio Manoel da Costa na ortofoto.



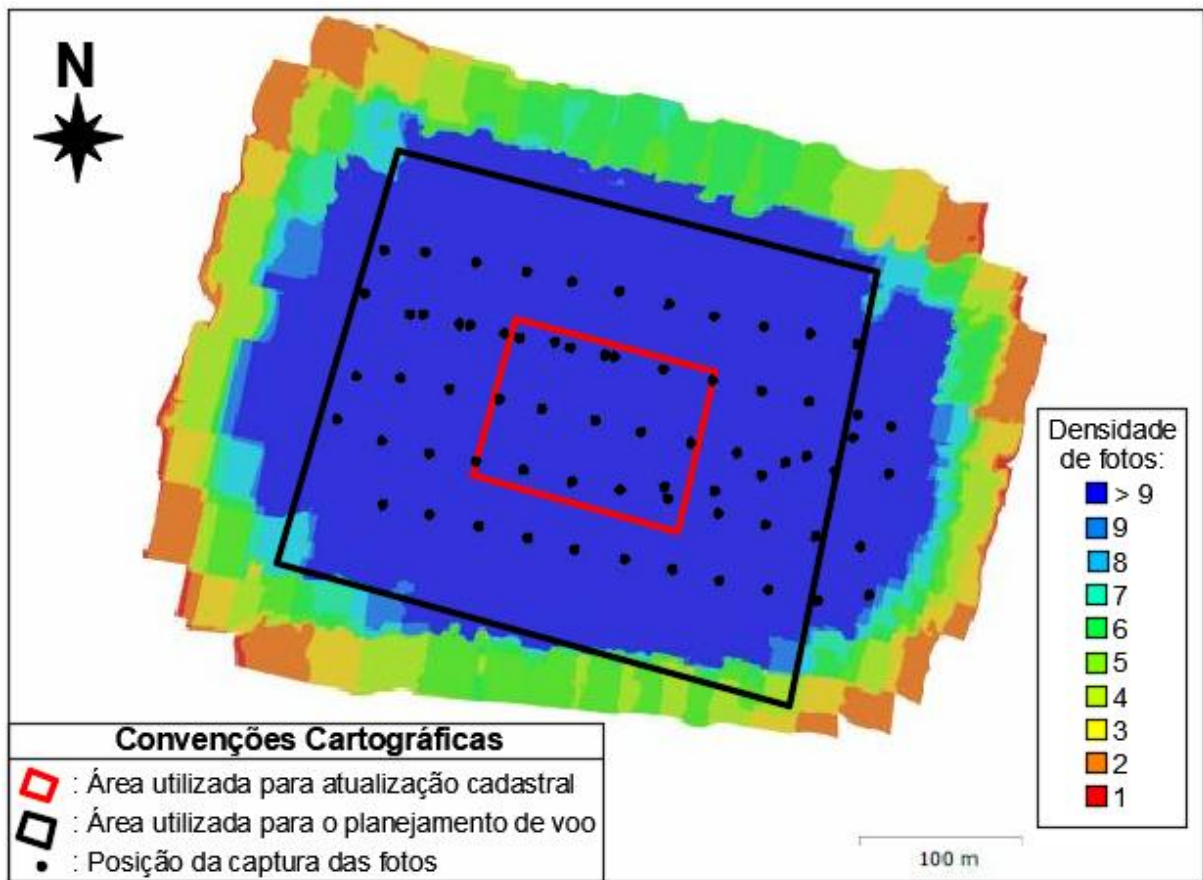
A figura 33 mostra a área de interesse para a realização da atualização cadastral dos imóveis na ortofoto gerada, apresentando boa visibilidade apesar do GSD final ter saído maior que o projetado foi possível realizar toda a vetorização sem maiores problemas na interpretação dos objetos.

Figura 33: Área estudada na ortofoto.



A figura 34 mostra em pontos pretos espalhados os lugares onde o VANT fez o trajeto e o sensor capturou as informações espectrais dos objetos. Percebe-se mais acúmulo de pontos na segunda linha de voo, devido à realização dela 2 vezes. A legenda ao lado mostra a quantidade de fotos de acordo com as cores, com valores superiores a 9 fotos na região central da área a valores de 1 nos lugares mais extremos que não eram da área de interesse, por isso não teve recobrimento.

Figura 34: Densidade de fotos na área.



Com o acúmulo de fotos na região central avalia-se que a escolha de uma região maior que a área desejada é essencial para obtenção de bons produtos. A figura 35 mostra as distorções causadas, já que essa área possui poucas sobreposições de fotos.

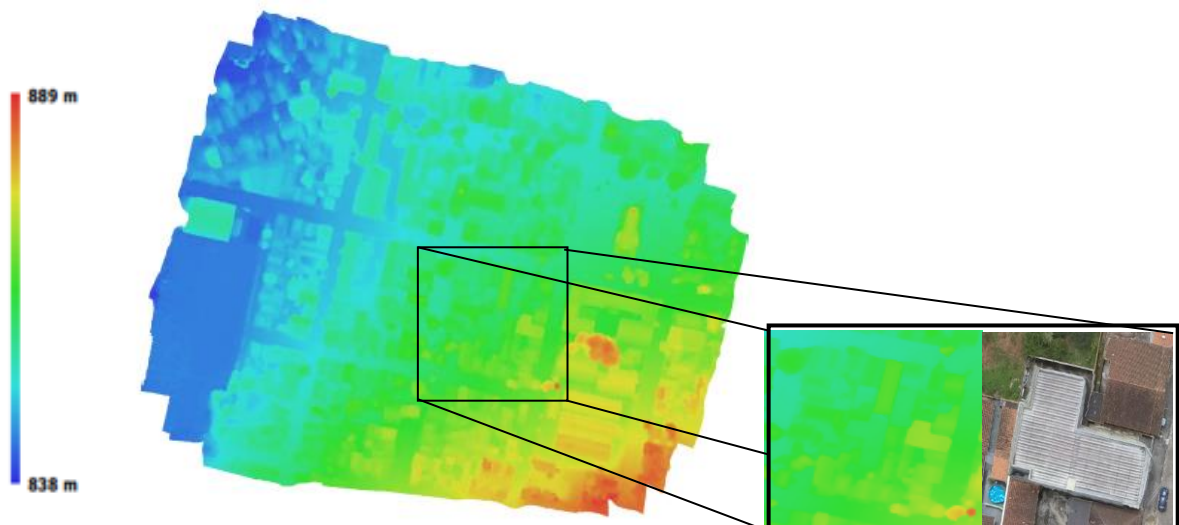
Figura 35: Distorção nas bordas da ortofoto.



5.2.3 GERAÇÃO DE MODELO DIGITAL DE SUPERFÍCIE E DA ORTOFOTO

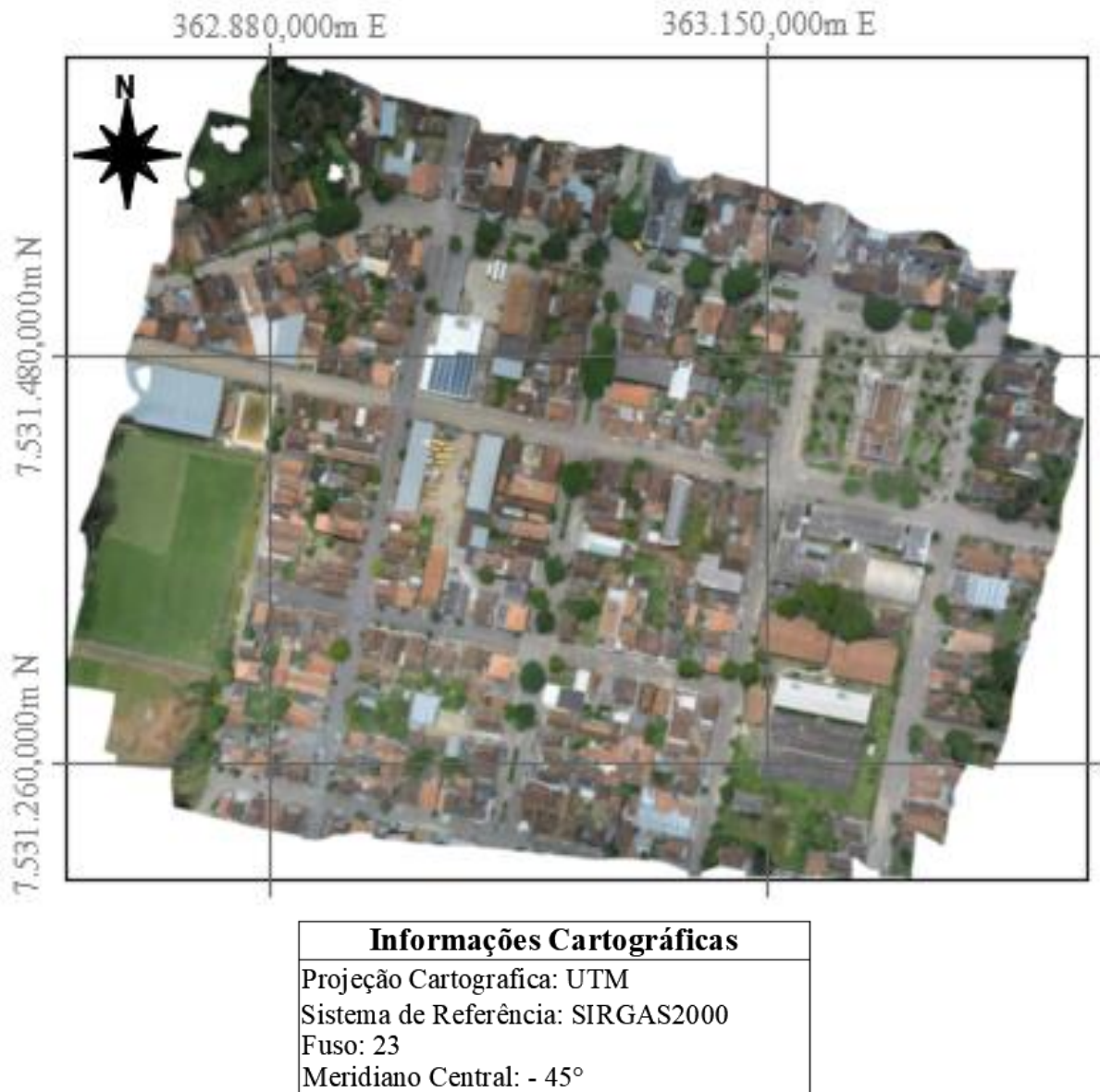
A figura 36 mostra o Modelo Digital de Superfície (MDS) obtido no terreno, de acordo com a legenda que varia de 889 m de altitude nos lugares mais vermelhos até 838 m de altitude para os lugares mais baixos. Como se trata de um MDS percebe-se as construções existentes por toda a área mapeada a maioria destacada em verde, nos lugares azul são as regiões mais próximas as superfícies da terra. Em destaque está a área utilizada na pesquisa em MDS e ao lado um prédio que está na área se destacando no meio das demais construções e apresentando uma cor mais amarelada, sendo assim o MDS auxilia na interpretação de construções com mais de um andar.

Figura 36: Modelo Digital de Superfície.



A figura 37 mostra a ortofoto gerada com a área de pesquisa, ao lado esquerdo do IFSULDEMINAS – campus Inconfidentes.

Figura 37: Ortofoto Gerada no *software* PhotoScan.



5.2.4 VALIDAÇÃO DO MODELO

A tabela 5 mostra a discrepância dos pontos de controle utilizados no processamento dos dados, na primeira coluna estão as identificações dos alvos fotogramétricos. Na segunda, terceira e quarta colunas estão os erros em centímetros dos pontos de controle. Na quinta coluna o total acumulado do erro, e na sexta coluna o erro em pixel e ao lado estão em quantas fotos o alvo participou do ajustamento.

Tabela 5: Discrepância dos Pontos de Controle.

Alvo	Erro em X (cm)	Erro em Y (cm)	Erro em Z (cm)	Total (cm)	Imagem (Pixel)
PC 01	-1,851	1,832	1,753	3,140	0,282 (9)
PC 02	0,270	-5,089	-1,843	5,419	0,284 (21)
PC 03	-1,140	5,317	2,968	6,195	0,232 (12)
PC 04	2,231	-1,888	-5,004	5,795	0,279 (20)
PC 05	1,942	0,549	-0,441	2,066	0,288 (23)
PC 06	-0,422	4,292	7,025	8,243	0,276 (27)
PC 07	-0,853	0,400	-3,782	3,897	0,269 (20)
PC 08	1,006	-4,364	-1,750	4,808	0,279 (18)
PC 09	-1,395	3,453	0,718	3,793	0,287 (6)
PC 10	-0,196	-3,925	0,772	4,005	0,299 (16)
TOTAL	1,321	3,555	3,292	5,021	0,279

Na linha TOTAL, nas colunas 5 e 6, estão os valores do erro médio em centímetros (modelo empírico no terreno – espaço objeto) e em pixel (modelo empírico na foto – espaço imagem) obtido no processo de ortorretificação das fotografias. Após o processamento é necessário realizar a interpolação na ortofoto, onde o valor da resolução espacial fica próximo de 5,02 cm que nesse caso correspondeu a 5,39 cm no produto final.

Como a resolução espacial foi de 5,39 cm, e a menor unidade cartográfica possível de ser identificada é de 0,0002 m, através da equação 11 é possível obter a escala mínima de projeto final, que obteve um valor de 1:269,5.

$$Escala = \frac{0,0002 \text{ m}}{Resolução \text{ espacial}} \dots\dots\dots (11)$$

Considerando o contexto do pixel para identificação da menor unidade cartográfica do terreno, vamos considerar um possível erro grosseiro de até três pixel na identificação dessa feição, logo a escala final poderá variar entre 1:269,5 a 1:808,5.

5.2.5 COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO TRADICIONAL E FOTOGRAMÉTRICO

Para a realização da comparação da validação da ortofoto gerada, utilizou-se como parâmetros às medidas das testadas das casas realizada com o auxílio de trena (método tradicional) comparando com as medidas realizadas na vetorização da ortofoto (método fotogramétrico). Na tabela 6, possuem a identificação do lote na primeira coluna, as medidas em metros da testadas dos lotes com trenas e vetorizada na ortofoto, e na penúltima e última

coluna a discrepância entre esses valores em metros e porcentagem. Quando se tratar de medidas positivas, significa que a medida extraída pelo processo de vetorização da ortofoto das testadas dos imóveis é maior que a área medida pelos métodos tradicionais.

Para a determinação da discrepância das classes das medidas da testadas dos lotes com o da vetorização utiliza-se a equação 12, como foi considerado a medida da trena como referência o valor final será analisado baseado em suas medidas. Em seguida determina-se o RMS através da equação 13.

Tabela 6: Tabela com os dados utilizados na validação do modelo.

Lotes	Trena - T (m)	Vetorizada - V (m)	Diferença em metros (T – V)	Diferença em porcentagem (T – V)
1	22,190	22,230	0,040	0,180%
2	10,870	10,810	- 0,060	- 0,552%
3	16,750	16,810	0,060	0,358%
4	10,480	10,360	- 0,120	- 1,145%
7	18,730	18,850	0,120	0,641%
9	11,580	11,540	- 0,040	- 0,345%
10	11,220	11,510	0,290	2,585%
17	10,950	11,020	0,070	0,639%
18	11,560	11,450	- 0,110	- 0,952%
19	11,20	11,370	0,170	1,518%
20	11,950	11,870	- 0,080	- 0,669%

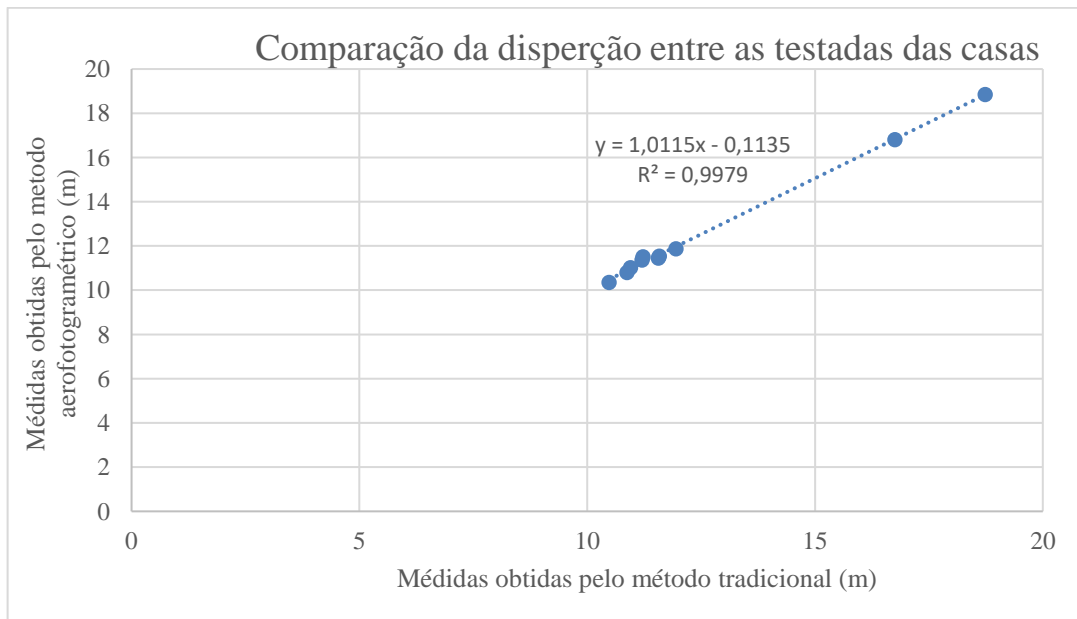
$$Discrepância_{T-V} = (X_{trena} - X_{vetorizada})^2 \dots\dots\dots (12)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Discrepância_{T-V})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (13)$$

$$Escala = \frac{0,0002 \text{ m}}{RMS} \dots\dots\dots (14)$$

O valor do RMS obtido em metros foi de 0,13 m que corresponde a 1,08% da medida de referência.

Gráfico 1: Comparação entre a discrepância das testadas dos lotes pelo método tradicional e aerofotogramétrico.



Pelo gráfico 1, nota-se que ocorreu grande correlação entre os dados de testadas obtidos com o método tradicional e fotogramétrico, pois à linha de tendência apresenta um valor de $R^2 = 0,999$. O R^2 indica a correlação entre os dados analisados. Quando o R^2 está entre 0,9 e 1, indica que existe um alto grau de correlação entre as informações analisadas. Se o valor de R^2 não estiver entre 0,9 e 1, indica que os dados analisados não apresentaram correlações, devendo assim analisar se existe alguma informação tendenciosa ou se realmente os dados são discrepantes.

Para a determinação da escala final de projeto e para realizar a validação do produto, utiliza-se da equação 14, que se baseia na relação entre o RMS encontrado na equação 13 com a menor unidade cartográfica (0,0002 m), encontrando assim uma escala de 1/650.

Para evitar a utilização de algum dado tendencioso na análise do RMS do produto, utilizou-se do teste estático *t Student*. De acordo com Fonseca Neto (2017), esta análise se justifica, pois, a utilização de dados tendenciosos impossibilita a integração entre os dados, gerando análises inconsistente e um produto que não condiz com à realidade.

Para à análise dos dados no teste estatístico foi utilizado um nível de significância de 5%, foi analisado as hipóteses alternativas e nula e comparando entre os *t* calculado e tabelado. Como hipótese foram utilizados os seguintes critérios:

- Hipótese Nula (H₀): Médias iguais;
- Hipótese Alternativa (H_A): Médias diferentes.

Foram utilizadas 11 observações para à análise, possuindo grau de liberdade de 10. Logo encontra-se o valor do *t* tabelado disponível na tabela do teste estatístico *t student*, que varia em função dos graus de liberdade e do nível de significância. O valor do *t* tabelado encontrado foi de 2,29, sendo este valor maior que o *t* calculado que teve um valor de 0,98. Como o *t* tabelado foi maior que o calculado, aceita-se a hipótese nula e com 95% de probabilidade considera-se às médias iguais e descarta algum dado tendencioso a elevar à discrepância entre às observações.

De acordo com o Decreto-lei 89.817, às cartas devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) disponibilizado na tabela 7, em que EP é uma tolerância chamada de Erro Padrão e D representa o Denominador da escala calculada em função da relação do RMS com a menor unidade cartográfica considerada possível de ser observada em uma carta.

Tabela 7: Valores de tolerância para avaliação da acurácia posicional de acordo com o Decreto-lei 89.817 em concordância com a ET-ADGV.

Classe	Classe	Planimetria		Escala 1:1000	
		PEC (mm)	EP (mm)	PEC (m)	EP* (m)
-	A	0,28*D	0,17*D	0,28	0,17
A	B	0,50*D	0,30*D	0,50	0,30
B	C	0,80*D	0,50*D	0,80	0,50
C	D	1,00*D	0,60*D	1,00	0,60

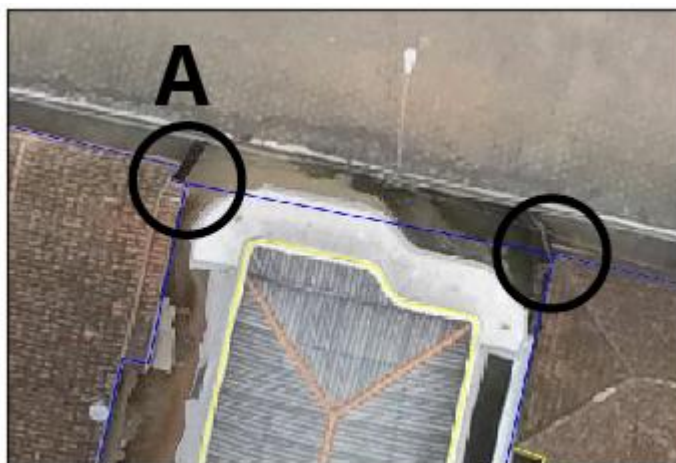
Na tabela 8 estão os valores encontrados e a classificação do modelo. O modelo atende a exigência dos valores da PEC – PCD classe B e PEC Classe A. Apresentando um RMS menor que o encontrado ($130 \text{ mm} < 325 \text{ mm}$), porém não atende a exigência do Erro Padrão ($130 \text{ mm} > 195 \text{ mm}$). Com isso o modelo se enquadrou nos Valores da PEC classe A e nos valores da PEC – PCD classe B, pois o RMS calculado através da discrepância entre às medidas foi menor que o calculado na tabela 8.

Tabela 8: Resultado da validação do modelo.

Método	Nº de observações	Denominador da Escala	RMS (mm)	PEC (0,50*D) (mm)	EP (0,30*D) (mm)	Teste estatístico	Classificação
Feição Linear	11	650	130,00	325	195	Hipótese Nula Aceita	PEC – PCD Classe B PEC Classe A

Após a validação do modelo, ainda sobre a tabela 6, é possível perceber maior discrepância das medidas do lote 10. A testada deste lote apresenta uma diferença de 29 cm quando comparada a vetorização. Esse fato, provavelmente, ocorre pela obstrução na visada do limite do muro, pela edificação vizinha, onde seu telhado compromete a visada do limite do terreno. Na figura 38 observa-se a obstrução “A” no lote 10, por telhados de construções próximas ao limite de divisão dos lotes, dificultando a real identificação da testada do lote.

Figura 38: Frente do lote 10.



5.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DE TESTADAS E DAS ÁREAS DOS LOTES E CONSTRUÍDAS DOS IMÓVEIS

Para a realização do teste estatístico dos resultados, foi utilizado o teste *t-student* com nível de significância de 5% de probabilidade, considerando para Hipótese Nula (H_0) que à média das duas amostras em análise são iguais, e para Hipótese Alternativa (H_A) considera-se que à média das amostras são diferentes. Todos as comparações geradas neste item foram realizadas testes estatísticos com à Hipótese Nula, sendo aceita e descartado algum tipo de tendência nos dados.

5.3.1 COMPARAÇÃO ENTRE A VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO *versus* MEDIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO TRADICIONAL

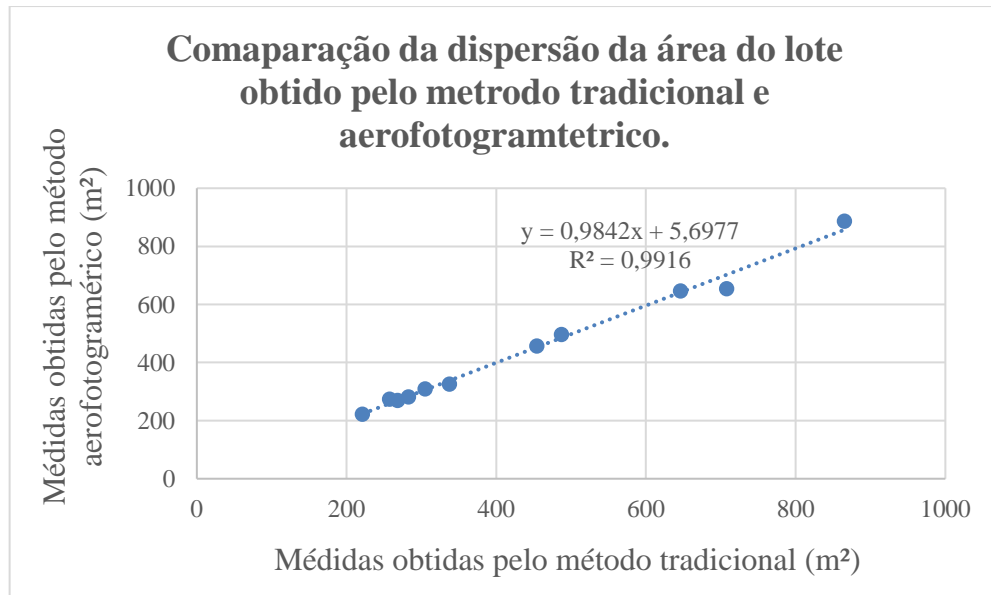
Para à realização da comparação entre as áreas dos lotes, utilizou-se como parâmetros a áreas dos lotes com trena comparadas com às obtidas pelo processo de vetorização da ortofoto. Na tabela 9, a identificação dos lotes está na primeira coluna, na segunda e terceira coluna estão as áreas dos lotes pelo processo de vetorização e pelas medidas realizadas com trena respectivamente. Nas duas últimas colunas estão os valores das discrepâncias entre às duas medidas em metros quadrados e em porcentagem, valores positivos significam que a área vetorizada na ortofoto ficou maior que a área obtida por trena.

Na tabela 9 percebe-se que à maioria dos valores ficaram aproximados, sendo que o lote 7, 9 e principalmente 10, 18 e 19 apresentaram às maiores discrepâncias. Nesse caso recomenda-se uma análise nos lotes 18 em que a área vetorizada foi maior que a área obtida pela trena, e principalmente no lote 19, em que as áreas obtidas pelo método tradicional se apresentou superior ao obtido pela vetorização. Concluindo a tabela 9, na última linha percebe-se que ao somar todas as áreas obtêm-se que a área vetorizada ficou 0,06% menor em relação a área pelo método tradicional, apresentando um RMS de 3,51% em relação a área.

Tabela 9: Área dos lotes Vetorizada *versus* Método Tradicional.

Área dos lotes				
Lotes	Vetorizada (m ²)	Trena (m ²)	Diferença	
			m ²	(%)
1	456,640	454,560	2,080	0,460%
2	222,350	221,220	1,130	0,510%
3	495,950	487,460	8,490	1,740%
4	309,360	305,320	4,040	1,320%
7	325,700	337,590	- 11,890	- 3,520%
9	657,320	646,300	11,020	1,710%
10	886,980	865,390	21,590	2,490%
17	268,880	268,410	0,470	0,180%
18	273,610	257,850	15,760	6,110%
19	653,610	707,970	- 54,360	- 7,680%
20	281,680	282,810	- 1,130	- 0,400%
TOTAL	4832,080	4834,880	- 2,800	- 0,060%

Gráfico 2: Comparação da dispersão da área do lote obtido pelo método tradicional e aerofotogramétrico.



Pelo gráfico 2, nota-se que ocorreu grande correlação entre os dados das áreas dos lotes obtidos com o método tradicional e fotogramétrico, pois a linha de tendência apresenta um próximo de 1.

Sendo assim, baseando-se na tabela 9 e no gráfico 2, pode-se destacar que as áreas medidas com trenas e obtidas pela vetorização da ortofoto realizada pelo autor do trabalho, apresentaram valores aproximados para à maioria dos lotes. Com isso, às informações extraídas da ortofoto apresentaram confiabilidade para a realização das comparações e análises.

5.3.2 COMPARAÇÃO ENTRE A VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO DISCENTE “A” *versus* MEDIDAS OBTIDAS PELO MÉTODO TRADICIONAL

5.3.2.1 MEDIDAS DE TESTADA DOS LOTES DO DISCENTE “A” *versus* MÉTODO TRADICIONAL

Na tabela 10, estão os valores obtidos entre às medidas realizadas pela vetorização na ortofoto pelo Discente “A” (Método Fotogramétrico) e às obtidas em campo com trena (Método Tradicional). Para melhor validar o resultado final desta pesquisa, o modelo também foi classificado conforme o Decreto-lei 89.817, em que as cartas obedecem aos padrões da PEC, disponibilizado na tabela 7.

De acordo com a tabela 10, percebe-se que o lote 10 à medida obtida pela vetorização apresentou um valor de 30 cm maior que à obtida por trena. No lote 4, a medida vetorizada apresentou-se inferior em relação a obtida por trena, apresentando 36 cm menor em relação ao Método Tradicional.

Tabela 10: Medidas das testadas das casas entre o Discente “A” *versus* Método Tradicional.

Testada dos lotes				
Lotes	Vetorizada - V (m)	Trena - T (m)	Diferença V - T	
			(m)	(%)
1	22,230	22,190	0,040	0,180 %
2	10,810	10,870	- 0,060	- 0,552 %
3	16,810	16,750	0,060	0,358 %
4	10,120	10,480	- 0,360	- 3,435 %
7	18,690	18,730	- 0,040	- 0,214 %
9	11,540	11,580	- 0,040	- 0,345 %
10	11,510	11,210	0,300	2,676 %
17	11,020	10,950	0,070	0,639 %
18	11,690	11,560	0,130	1,125 %
19	11,370	11,20	0,170	1,518 %
20	11,870	11,950	- 0,080	- 0,669 %

Sendo assim, obtém-se um valor para o RMS entre as medidas de testadas de 0,16 m, gerando assim uma escala de 1:849,55. Com isso a escala supera a escala máxima permitida, que é de 1:808,5.

5.3.2.2 ÁREA DOS LOTES DO DISCENTE “A” *versus* MÉTODO TRADICIONAL

A tabela 11 mostra os valores das medidas das áreas dos lotes obtidas pelo Método Tradicional com a utilização de trena e as áreas extraídas da vetorização realizada pelo Discente “A”. Os valores negativos da coluna Diferença VT significam que às áreas vetorizadas estão menores que às obtidas pelo método tradicional com à trena.

Tabela 11: Discente “A” *versus* Método Tradicional.

Lotes	Área dos lotes			
	Vetorizada – V (m ²)	Trena -V (m ²)	Diferença VT	
			m ²	(%)
1	455,980	454,560	1,420	0,310%
2	222,490	221,220	1,270	0,570%
3	495,620	487,460	8,160	1,670%
4	305,750	305,320	0,430	0,140%
7	325,710	337,590	- 11,880	- 3,520%
9	630,010	646,300	- 16,290	- 2,520%
10	887,570	865,390	22,180	2,560%
17	271,900	268,410	3,490	1,300%
18	274,190	257,850	16,340	6,340%
19	643,960	707,970	- 64,010	- 9,040%
20	281,750	282,810	- 1,060	- 0,370%
TOTAL	4794,930	4834,880	- 39,950	- 0,830%

A coluna 1 da tabela 11 estão às identificações dos lotes, na segunda e terceira coluna às áreas dos lotes e na quarta e quinta coluna estão às discrepâncias em metros quadrados e em porcentagem respectivamente.

Comparando o resultado da tabela 9, em que estão as áreas dos lotes vetorizadas pelo autor do trabalho e pelo Método Tradicional com o da tabela 11 em que estão os dados obtidos pela vetorização do Discente “A” e pelo Método Tradicional, percebe-se maior confiabilidade nos dados obtidos pela tabela 9, pois apresentou RMS de 3,51% enquanto da tabela 10 foi de 3,90%.

Ao analisar à linha TOTAL da tabela 11, em que são somadas as áreas obtidas pelo processo de vetorização e pelo Método Tradicional, as vetorizadas apresentaram-se inferior em -0,830%.

5.3.3 COMPARAÇÃO ENTRE AS VETORIZAÇÕES REALIZADAS PELO AUTOR DO TRABALHO *versus* DISCENTE “A”

5.3.3.1 MEDIDAS DE TESTADA REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO *versus* DISCENTE “A”

Após às análises entre a área vetorizada pelo autor com o Método Tradicional e das áreas obtidas pelo Discente “A” com o Método Tradicional, na tabela 12 mostra a comparação entre a vetorização realizada pelo autor com a vetorização realizada pelo Discente “A”.

Na primeira coluna estão as identificações dos lotes, na segunda e terceira coluna as áreas vetorizadas e nas duas últimas colunas a diferença em metros e em porcentagem.

Percebe-se que algumas medidas se coincidiram, isso se deve ao fato de se poder identificar os limites na ortofoto sem maiores problemas quando não há obstrução de árvores ou prédios que impossibilita identificar os vértices de divisas. Porém o lote 5, 9 e 18 apresentaram uma discrepância mais elevada explicando à possível identificação para à escala ter extrapolado à escala máxima calculada de 1:808,5.

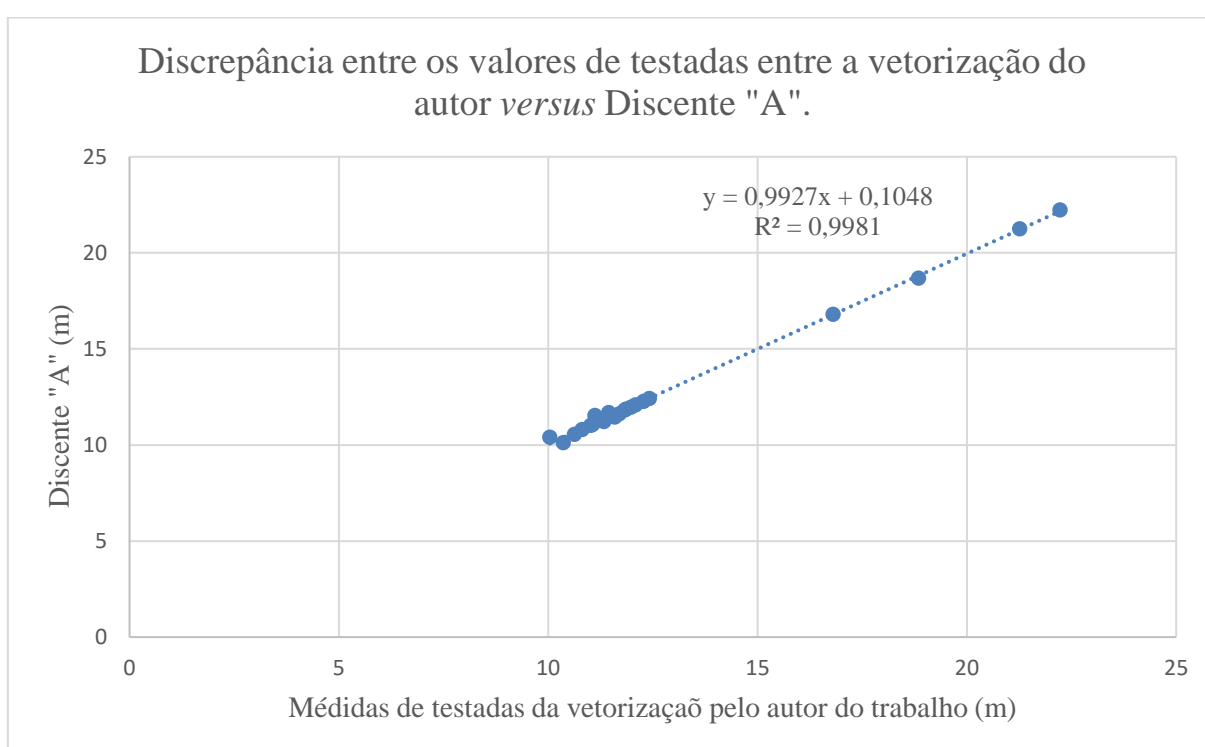
Tabela 12: Medidas das testadas dos imóveis Vetorizada pelo autor *versus* Discente “A”.

Testada				
Lotes	Vetorização pelo autor (m)	Discente “A” (m)	Diferença	
			m	%
1	22,230	22,230	0,000	0,000
2	10,810	10,810	0,000	0,000
3	16,810	16,810	0,000	0,000
4	10,360	10,120	0,240	2,370
5	10,040	10,410	- 0,370	- 3,550
6	11,590	11,460	0,130	1,130
7	18,850	18,690	0,160	0,860
8	12,420	12,420	0,000	0,000
9	11,120	11,540	- 0,420	- 3,640
10	11,540	11,510	0,030	0,260
11	12,090	12,090	0,000	0,000
12	12,280	12,280	0,000	0,000
13	11,700	11,620	0,080	0,690
23	21,260	21,260	0,000	0,000
14	11,830	11,830	0,000	0,000
15	10,630	10,560	0,070	0,660
16	11,330	11,230	0,100	0,890
17	11,020	11,020	0,000	0,000
18	11,450	11,690	- 0,240	- 2,050
19	11,370	11,370	0,000	0,000
20	11,870	11,870	0,000	0,000
21	11,980	11,980	0,000	0,000
22	10,370	10,370	0,000	0,000

O RMS obtido entre às duas vetorizações foi de 0,14 m, obtendo assim uma escala de 1:748,63.

Mesmo o RMS estando acima do RMS obtido aqui para a realização da classificação da carta seguindo a PEC (0,14 m > 0,13 m), à escala está entre à escala mínima de 1:269,5 e máxima de 1:808,5.

Gráfico 3: Discrepância entre os valores de testadas entre a vetorização do autor x Discente “A”



Pelo gráfico 3, nota-se que ocorreu grande correlação entre os dados de testadas obtidos das testadas pelo método tradicional e fotogramétrico, pois a linha de tendência apresenta valor próximo a 1.

5.3.3.2 ÁREAS DOS LOTES DA VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO *versus* DISCENTE “A”

A tabela 13 mostra as áreas vetorizadas pelo autor deste trabalho e pelo o Discente “A”. Na primeira coluna estão às identificações dos lotes, na segunda e terceira coluna as áreas

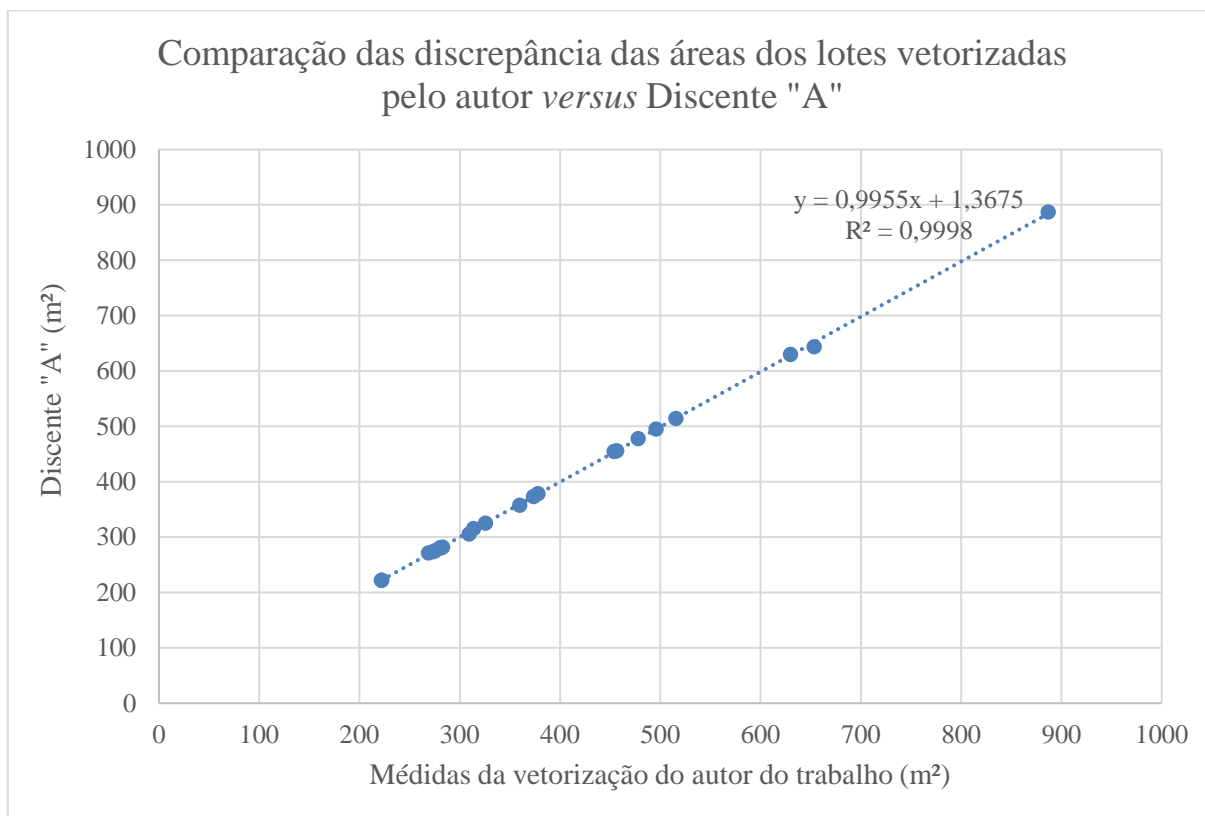
em metros quadrados dos lotes e na quarta e quinta coluna às discrepâncias entre as áreas em metros e em porcentagem.

As áreas dos lotes obtidas pela vetorização do autor e pelo Discente “A”, apresentaram pouca diferença, sendo que alguns lotes apresentaram diferenças quase nulas, a maior discrepância entre os valores ocorreu no lote 19. Analisando o TOTAL, percebe-se que a área vetorizada pelo autor ficou pouco maior que a área vetorizada pelo Discente “A”, apresentando um valor de 0,10% (tabela 13).

Tabela 13: Área dos lotes Vetorizada pelo autor *versus* Discente “A”.

Lotes	Área dos Lotes			
	Vetorizada pelo autor (m ²)	Discente “A” (m ²)	Diferença	
			m ²	(%)
1	456,640	455,980	0,660	0,140
2	222,350	222,490	- 0,140	- 0,060
3	495,950	495,620	0,330	0,070
4	309,360	305,750	3,610	1,180
5	313,880	315,880	- 2,000	- 0,630
6	359,680	357,630	2,050	0,570
7	325,700	325,710	- 0,010	0,000
8	221,920	221,900	0,020	0,010
9	629,960	630,010	- 0,050	- 0,010
10	886,980	887,570	- 0,590	- 0,070
11	515,530	514,800	0,730	0,140
12	454,131	454,970	- 0,839	- 0,180
13	275,580	276,000	- 0,420	- 0,150
23	281,330	281,180	0,150	0,050
14	378,110	378,570	- 0,460	- 0,120
15	280,390	281,170	- 0,780	- 0,280
16	282,870	281,920	0,950	0,340
17	268,880	271,900	- 3,020	- 1,110
18	273,610	274,190	- 0,580	- 0,210
19	653,610	643,960	9,650	1,500
20	281,680	281,750	- 0,070	- 0,020
21	373,413	373,410	0,003	0,000
22	478,100	478,310	- 0,210	- 0,040
TOTAL	9019,654	9010,670	8,984	0,100

Gráfico 4: Comparação das discrepâncias das áreas dos lotes vetorizadas pelo autor x Discente "A".



Pelo gráfico 4, nota-se que ocorreu correlação entre as áreas obtidas com o método tradicional e fotogramétrico apresentando linha de tendência com valor próximo de 1.

5.4 ANÁLISE FINAL ENTRE AS MEDIDAS DAS TESTADAS E ÁREAS CONSTRUÍDAS DA PREFEITURA *versus* ÁREAS VETORIZADAS PELO AUTOR

Após várias análises e comparações de informações obtidas e extraídas com a utilização dos Métodos Tradicional e Fotogramétrico para a obtenção de informações úteis e fidedignas para a realização da atualização cadastral urbana no município de Inconfidentes-MG, será realizado uma análise comparando os dados vetorizados pelo autor do trabalho com as informações obtidas na prefeitura municipal de Inconfidentes.

5.4.1 COMPARAÇÃO ENTRE AS MEDIDAS DAS TESTADAS DOS LOTES DA PREFEITURA *versus* VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR

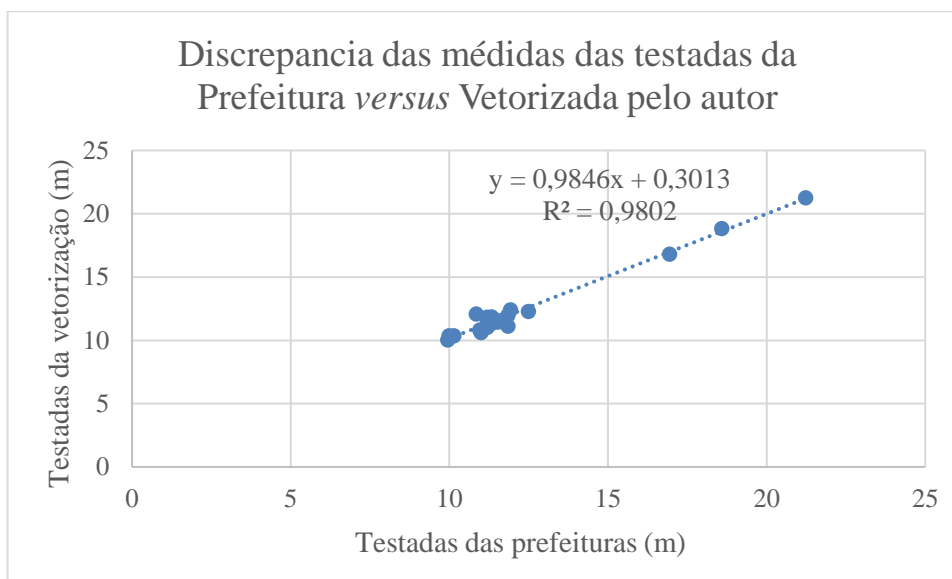
A tabela 14 mostra os valores das testadas dos lotes entre as medidas das prefeituras e as vetorizadas. O lote 1 era ausente de informações sobre sua testada no documento apresentado pela prefeitura. Os valores negativos na tabela, significam que as medidas vetorizadas pelo autor ficaram maiores que as medidas obtidas pela prefeitura.

Percebe-se na tabela 14 que houve maior discrepância nos lotes 4, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20 e 22.

Tabela 14: Testadas da prefeitura e vetorizada.

Lotes	Prefeitura (m)	Vetorizada (m)	Diferença		Atualizada m
			m	%	
1	-	22,230	-	-	22,230
2	10,960	10,810	0,150	1,390	10,960
3	16,950	16,810	0,140	0,830	16,950
4	10,150	10,360	- 0,210	- 2,030	10,360
5	9,950	10,040	- 0,090	- 0,900	10,040
6	11,670	11,590	0,080	0,690	11,670
7	18,590	18,850	- 0,260	- 1,380	18,850
8	11,930	12,420	- 0,490	- 3,950	12,420
9	11,850	11,120	0,730	6,560	11,850
10	11,500	11,540	- 0,040	- 0,350	11,540
11	10,850	12,090	- 1,240	- 10,260	12,090
12	12,500	12,280	0,220	1,790	12,500
13	11,400	11,700	- 0,300	- 2,560	11,700
23	21,230	21,260	- 0,030	- 0,140	21,260
14	11,200	11,830	- 0,630	- 5,330	11,830
15	11,000	10,630	0,370	3,480	11,000
16	11,200	11,330	- 0,130	- 1,150	11,330
17	11,200	11,020	0,180	1,630	11,200
18	11,550	11,450	0,100	0,870	11,550
19	11,370	11,370	0,000	0,000	11,370
20	11,340	11,870	- 0,530	- 4,470	11,870
21	11,850	11,980	- 0,130	- 1,090	11,980
22	10,000	10,370	- 0,370	- 3,570	10,370

Gráfico 5: Discrepância das medidas das testadas da Prefeitura *versus* Vetorizada pelo autor.



Pelo gráfico 5, nota-se que ocorreu correlação entre os dados de testadas obtidos da Prefeitura com os vetorizados, pois a linha de tendência apresenta valor de $R^2=0,9802$, sendo próximo a 1.

Para o caso do lote 11, em que a medida da testada vetorizada pelo autor ficou 1,24 m maior à testada obtida na prefeitura, pode-se justificar essa diferença devido à dificuldade de identificar os limites das testadas na ortofoto, a figura 39 mostra a frente do lote 11 e em destaque seus vértices vetorizados.

Figura 39: Frente do lote 11.



O lote 9 apresentou medida de testada menor que a área da prefeitura. Esse fato pode-se justificar devido à falta de certeza na identificação dos limites das testadas dos lotes na ortofoto, os telhados e à árvore próximo do limite influenciaram nesse resultado. A figura 40 mostra à frente do lote 9.

Figura 40: Frente lote 9.



Para analisar melhor a diferença entre essas medidas citadas entre a prefeitura e a vetorizada, em que as medidas das prefeituras estão menores, a tabela 15 mostra a comparação entre os três tipos de medidas realizadas para analisar essa discrepância mais fidedignamente, e para as áreas da prefeitura que ficaram maior a tabela 16 realiza essa análise.

Na tabela 15 é possível perceber maior discrepâncias das testadas quando se relaciona as medidas da prefeitura com a vetorizada (P – V) ou com trena (P – T). Entre as medidas vetorizadas e de trenas (V - T) apresentaram valores próximos, apenas no lote 14 que houve uma discrepância considerada.

Tabela 15: Comparação das discrepâncias das medidas de testadas.

Lote	Prefeitura – P (m)	Vetorizada – V (m)	Trena – T (m)	Discrepância (%)		
				P - V	P - T	V - T
4	10,150	10,360	10,480	- 2,070	- 3,250	- 1,160
7	18,590	18,850	18,730	- 1,400	- 0,750	0,640
8	11,930	12,420	12,260	- 4,110	- 2,770	1,290
11	10,850	12,090	12,690	- 11,430	- 16,960	- 4,960
13	11,400	11,700	11,490	- 2,630	- 0,790	1,790
14	11,200	11,830	11,440	- 5,630	2,140	3,300
20	11,340	11,870	11,950	- 4,670	5,380	-0,670
22	10,000	10,370	10,640	- 3,700	6,400	-2,600

Os valores das tabelas 15 apresentaram os seguintes valores de RMS, 5,34% para as medidas entre a prefeitura e a vetorizada (P - V), 6,91% para as medidas da prefeitura e trena

(P - T), e 2,48% para as medidas realizadas entre a vetorização e trena (V - T). Com isso, pode-se considerar que as medidas da trena e vetorizadas podem condizer mais com à realidade dos imóveis do que as medidas disponibilizadas pela prefeitura.

No teste estático *t student* não houve tendências e às médias foram consideradas iguais.

Na tabela 16 estão os lotes que apresentaram maior área por parte dos dados da prefeitura, do mesmo modo que à tabela anterior, foram colocadas as medidas realizadas com à trena para servir de parâmetros para realizar a comparação com mais confiabilidade dos dados. As medidas da prefeitura com a vetorizada (P - V) obteve um RMS de 4,18%, as medidas da prefeitura com a trena (P - T) obteve valor de 3,32%, e as medidas vetorizadas com às obtidas com trena (V -T) encontrou-se valor para o RMS de 3,66%.

Tabela 16: Comparação das medidas de testadas da prefeitura que ficaram maiores que as vetorizadas.

Lote	Prefeitura – P (m)	Vetorizada – V (m)	Trena – T (m)	Discrepância (%)		
				P - V	P - T	V - T
9	11,85	11,12	11,58	6,16%	2,28%	- 4,14%
12	12,5	12,28	11,84	1,76%	5,28%	3,58%
15	11	10,63	10,97	3,36%	0,27%	-3,20%

Após realizar várias análises do resultado entre a vetorização realizada pelo autor com diferentes medidas, sendo medidas obtidas em campo e medidas obtidas pelo processo de vetorização da ortofoto com o auxílio do *software AutoCAD* realizada pelo Discente “A”, pode-se dizer que a vetorização realizada pelo autor apresenta confiabilidade e poderá ser utilizada para a realização das comparações finais com as áreas obtidas pela prefeitura com segurança nas informações.

A tabela 17 apresenta a comparação entre as áreas registradas dos lotes na prefeitura com a área dos lotes vetorizados na ortofoto pelo autor do trabalho. A tabela é composta pela informação da área da prefeitura, vetorizada e pela diferença entre os métodos em metros quadrado e porcentagem.

Analisando a tabela 17, percebe-se discrepância nos dados de alguns lotes. Nos lotes 1, 2, 11, 19, 22 e 23 as áreas da prefeitura apresentaram-se menor que a áreas vetorizada, variando entre 20 m² a 55 m², sendo indicado que se realize uma conferência nesses lotes, principalmente nos lotes 1, 11, 19, 22 que apresentaram uma discrepância significativa. Essa diferença das áreas dos lotes, pode ter ocorrida devido a invasões de propriedades vizinhas ou

incertezas dos verdadeiros limites no momento das construções dos muros. Recomenda-se nesses casos realizar uma visita especificamente nas propriedades que apresentarem grandes divergências das informações.

As áreas da prefeitura dos lotes 7 e 21 apresentaram-se maior que a vetorizada entono de 20 metros quadrados, recomendando também uma análise *in loco*.

Tabela 17: Comparativo de área dos lotes entre os dados da prefeitura *versus* vetorizados pelo autor.

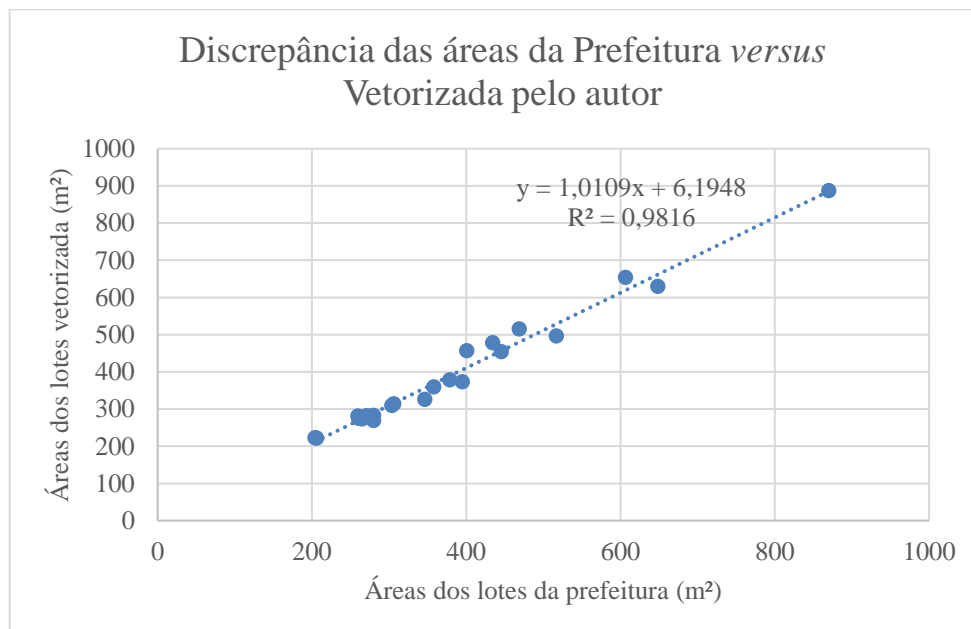
Lotes	Área dos lotes			
	Prefeitura - P (m ²)	Vetorizada -V (m ²)	Diferença P -V	
			m ²	%
1	400,660	456,640	- 55,980	- 12,260
2	204,140	222,350	- 18,210	- 8,190
3	516,940	495,950	20,990	4,230
4	303,540	309,360	- 5,820	- 1,880
5	306,170	313,880	- 7,710	- 2,460
6	357,890	359,680	- 1,790	- 0,500
7	346,580	325,700	20,880	6,410
8	206,280	221,920	- 15,640	- 7,050
9	648,320	629,960	18,360	2,910
10	870,000	886,980	- 16,980	- 1,910
11	468,650	515,530	- 46,880	- 9,090
12	445,680	454,131	- 8,451	- 1,860
13	260,530	275,58	- 15,050	- 5,460
23	259,610	281,330	- 21,720	- 7,720
14	378,960	378,110	0,850	0,220
15	274,990	280,390	- 5,400	- 1,930
16	279,990	282,870	- 2,880	- 1,020
17	279,990	268,880	11,110	4,130
18	265,130	273,610	- 8,480	- 3,100
19	606,700	653,610	- 46,910	- 7,180
20	271,000	281,680	- 10,680	- 3,790
21	395,070	373,413	21,657	5,800
22	434,610	478,100	- 43,490	- 9,100
TOTAL	8781,430	9019,654	- 238,224	- 2,640

Na análise dos resultados estatístico a hipótese nula foi aceita, sendo assim descartase algum dado tendencioso na análise da área dos lotes.

A soma das áreas dos lotes da prefeitura foi de 8781,43 m² e a área vetorizada dos lotes foi 9019,6536 m², sendo assim a área da prefeitura apresentou um valor de 2,64% menor

que a vetorizada. A discrepância em alguns dados de lotes pode ser explicada pelo fato de alguma invasão no momento das construções das divisas dos lotes.

Gráfico 6: Discrepância das áreas da Prefeitura *versus* Vetorizada pelo autor.



Pelo gráfico 6, nota-se que ocorreu correlação entre os dados dos lotes obtidos pela prefeitura e vetorizada, pois a linha de tendência apresenta um valor próximo a 1.

Para analisar algumas discrepâncias entre os valores dos lotes da prefeitura e os lotes vetorizados, foram realizadas medidas internas com trenas, a tabela 18 mostra a comparação entre as áreas da prefeitura, vetorizada e do levantamento com trenas.

Tabela 18: Análise das áreas dos lotes.

Lotes	Prefeitura - P (m ²)	Vetorizada - V (m ²)	Trena - T (m ²)	Diferença P - V		Diferença P - T		Diferença V - T	
				m ²	%	m ²	%	m ²	%
1	400,660	456,640	454,560	- 55,980	- 12,260	- 53,900	- 11,860	2,080	0,460
2	204,140	222,350	221,220	- 18,210	- 8,190	- 17,080	- 7,720	1,130	0,510
3	516,940	495,950	487,460	20,990	4,230	29,480	6,050	8,490	1,740
4	303,540	309,360	305,320	- 5,820	- 1,880	- 1,780	- 0,580	4,040	1,320
7	346,580	325,700	337,590	20,880	6,410	8,990	2,660	- 11,890	- 3,520
9	648,320	657,320	646,300	- 9,00	- 1,370	2,020	0,310	11,020	1,710
10	870,00	886,980	865,390	- 16,980	- 1,910	4,610	0,530	21,590	2,490
17	279,990	268,880	268,410	11,110	4,130	11,580	4,310	0,470	0,180
18	265,130	273,610	257,850	- 8,48	- 3,10	7,28	2,820	15,760	6,110
19	606,700	653,610	707,970	- 46,91	- 7,18	- 101,27	- 14,300	- 54,360	- 7,680
20	271,000	281,680	282,810	- 10,68	- 3,79	- 11,81	- 4,180	- 1,130	- 0,400
TOTAL	4713,000	4832,080	4834,880	- 119,080	- 2,460	- 121,880	- 2,520	- 2,800	- 0,060

Analisando os valores obtidos nas colunas em porcentagem da diferença das informações da prefeitura com os dados vetorizados e medidos no campo, o lote 1 em que a prefeitura possui uma área de 400,66 metros quadrados, o valor obtido com a vetorização e trena tiveram uma diferença quase que insignificativa e um valor superior entorno de 12% a área da prefeitura. As áreas vetorizadas com a trena apresentaram diferença de 0,06%, sendo considerada quase insignificativa, chegando a aproximadamente quase 2 m² de diferença. Os lotes 2, 17 e 20 também obtiveram diferença quase que insignificativa entre a trena e o vetorizado, e apresentaram uma diferença em relação ao da prefeitura.

O lote que apresentou maior diferença entre os dados da prefeitura com o vetorizado e medidos a campo com trena, foi o lote 19, isso pode ser explicado pelas diversas construções no seu interior dificultando a medição realizado no campo com o auxílio de trena, para casos assim percebe-se a importância da técnica de fotogramétrica com VANT que permitem obter informações confiáveis, gerando como produto ortomosaico que permite a extração de medidas sem acessar determinadas áreas. A figura 41 mostra o lote 19 no interior de um polígono vermelho formado por diversas construções.

Figura 41: Lote 19.



5.4.2 COMPARAÇÃO ENTRE AS ÁREAS CONSTRUÍDAS DOS LOTES OBTIDOS PELA PREFEITURA *versus* VETORIZAÇÃO REALIZADA PELO AUTOR DO TRABALHO

A tabela 19 mostra a área construída dos lotes, nesta análise considerou-se toda a área coberta pelos telhados, sem descontar os beirais das casas.

Tabela 19: Áreas construídas dos lotes.

Lotes	Área			
	Prefeitura – P (m ²)	Vetorizada – V (m ²)	Diferença (P – V)	
			m ²	%
1	94,300	88,120	6,180	7,010
2	27,750	33,800	- 6,050	- 17,900
3	92,400	182,700	- 90,300	- 49,430
4	316,240	448,750	- 132,510	- 29,530
5	146,700	157,850	- 11,150	- 7,060
6	109,000	186,040	- 77,040	- 41,410
7	197,340	270,610	- 73,270	- 27,080
8	62,800	103,430	- 40,630	- 39,280
9	134,400	295,430	- 161,030	- 54,51
10	-	258,490	-	-
11	95,600	109,420	- 13,820	- 12,630
12	127,500	165,970	- 38,470	- 23,180
13	269,780	386,840	- 117,060	- 30,260
23	236,610	183,490	53,120	28,950
14	685,730	595,160	90,570	15,220
15	53,600	187,090	- 133,490	- 71,350
16	67,300	201,480	- 134,180	- 66,600
17	84,000	141,820	- 57,820	- 40,770
18	139,840	187,090	- 47,250	- 25,260
19	124,800	386,380	- 261,580	- 67,700
20	79,280	122,160	- 42,880	- 35,100
21	108,000	216,240	- 108,240	- 50,060
22	220,330	231,610	- 11,280	- 4,870
TOTAL	3473,300	4688,060	- 1214,760	- 25,910

Percebe-se na tabela 19 que a maioria das áreas vetorizadas ficaram maiores que as da prefeitura, sendo que apenas as áreas construídas dos lotes 1, 23 e 14 mantiveram-se menor que a da prefeitura. O lote 10 é ausente da informação de sua área construída pela prefeitura pois o mesmo até o presente trabalho ainda estava em construção.

A somatória das áreas construídas fornecidas pela prefeitura possui uma área de 25,91% menor que a área vetorizada. Essa diferença pode ter ocorrido devido no processo de

vetorização ter considerado o telhado como base de vetorização, ou seja, o beiral da edificação está incluído em sua área total.

Para identificação da área útil real, ou seja, aquela que deverá ser atualizada, utilizou-se como base para todas as construções a subtração da área do beiral. Esse processo foi aplicado a todas as edificações, mesmo aquelas casas que não possuem beirais. A tabela 20 mostra as áreas da prefeitura e as vetorizadas descontando o beiral de todos os imóveis em 40 centímetros.

Tabela 20: Análise final da área obtida da prefeitura *versus* a área vetorizada pelo autor descontando 40 cm dos beirais dos imóveis.

Lotes	Área			
	Prefeitura	Vetorizada	Diferença	
			m ²	%
1	94,300	73,240	21,060	28,750
2	27,750	22,690	5,060	22,300
3	92,400	143,220	- 50,820	- 35,480
4	316,240	382,390	- 66,150	- 17,300
5	146,700	127,910	18,790	14,690
6	109,000	139,720	- 30,720	- 21,990
7	197,340	217,060	- 19,720	- 9,090
8	62,800	77,670	- 14,870	- 19,150
9	134,400	249,590	- 115,190	- 46,150
10	-	225,990	-	-
11	95,600	76,550	19,050	24,890
12	127,500	132,130	- 4,630	- 3,500
13	269,780	329,960	- 60,180	- 18,240
23	236,610	154,700	81,910	52,950
14	685,730	530,100	155,630	29,360
15	53,600	142,000	- 88,400	- 62,250
16	67,300	169,270	- 101,970	- 60,240
17	84,000	109,450	- 25,450	- 23,250
18	139,840	138,950	0,890	0,640
19	124,800	296,390	- 171,590	- 57,890
20	79,280	100,420	- 21,140	- 21,050
21	108,000	163,500	- 55,500	- 33,940
22	220,330	196,620	23,710	12,060
TOTAL	3473,300	3808,550	- 335,250	-8,800

De acordo com a tabela 20, percebe-se que mesmo descontando os beirais das construções, as áreas vetorizadas foram maiores na maioria das propriedades. Pode-se destacar as áreas dos lotes de número 3, 6, 17 e 20 que apresentaram medidas vetorizadas maiores em até 30 m² quando comparadas às da prefeitura. As áreas construídas dos lotes 4, 9, 13, 15 e 16 e principalmente o lote 9, necessitam de atualização cadastral urgente, pois apresentam uma discrepância muito grande entre as áreas da prefeitura e a vetorizada, apresentando áreas superiores a 60 m², chegando a 171,590 m² de diferença.

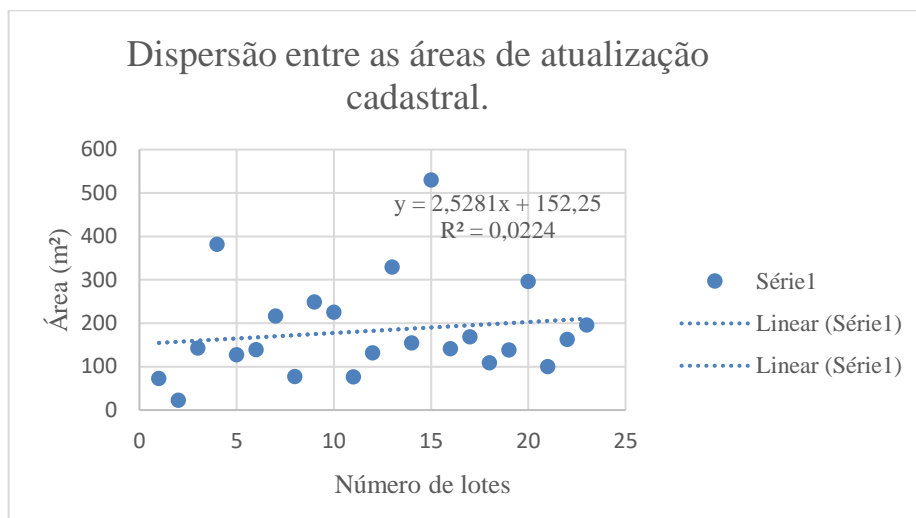
Algumas áreas registradas na prefeitura ainda continuaram sendo maiores que as novas áreas identificadas nos lotes através da ortofoto. As áreas dos lotes de número 1, 5, 11 e 22 ficaram maior em torno de 20 m², sendo recomendado a realização de uma análise *in loco* para obter informações se realmente a área apresenta medidas menores. Nos lotes 14, 22 e 23 os valores da prefeitura também ficaram maiores que os vetorizados, cabendo reavaliar se essas informações ainda condizem com a realidade do imóvel nos dias atuais pois apresentaram valores significativos de 81,910 m² para o lote 23 e de 155,63 m² de diferença. Recomenda-se uma análise nos lotes 14 e 23 pois os mesmos podem apresentar feições ou porções que não foram identificados durante a vetorização da ortofoto.

Analisando a tabela 20, 11 propriedades poderiam caber nos requisitos para se realizar a atualização cadastral dos imóveis, sendo eles os lotes de número 3, 4, 6, 7, 9, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 21. Alguns lotes cabem fazer uma reavaliação para saber se as informações registradas na prefeitura estão condizentes com a realidade, pois mantiveram-se com um valor superior ao vetorizado. Recomenda-se uma análise nas propriedades dos lotes 14, 22 e 23.

Na última linha da tabela 20 estão contidos os valores da área, sendo que a área vetorizada apresentou um valor de 8,8% a mais que as áreas da prefeitura.

Realizando uma análise com a área total da tabela 19, e com a área total da tabela 20, percebe-se uma diferença de 17,11% de área, descontada pela retirada dos beirais. Sendo assim, essas áreas tendem a apresentar dados subestimados em relação a área real dos imóveis.

Gráfico 7: Dispersão entre as áreas de atualização cadastral.



Pelo gráfico 7, nota-se que ocorreu uma grande dispersão entre as áreas construídas dos imóveis vetorizadas e da prefeitura, os valores apresentam resultados discrepantes, confirmando a necessidade de se realizar a atualização cadastral nessa região.

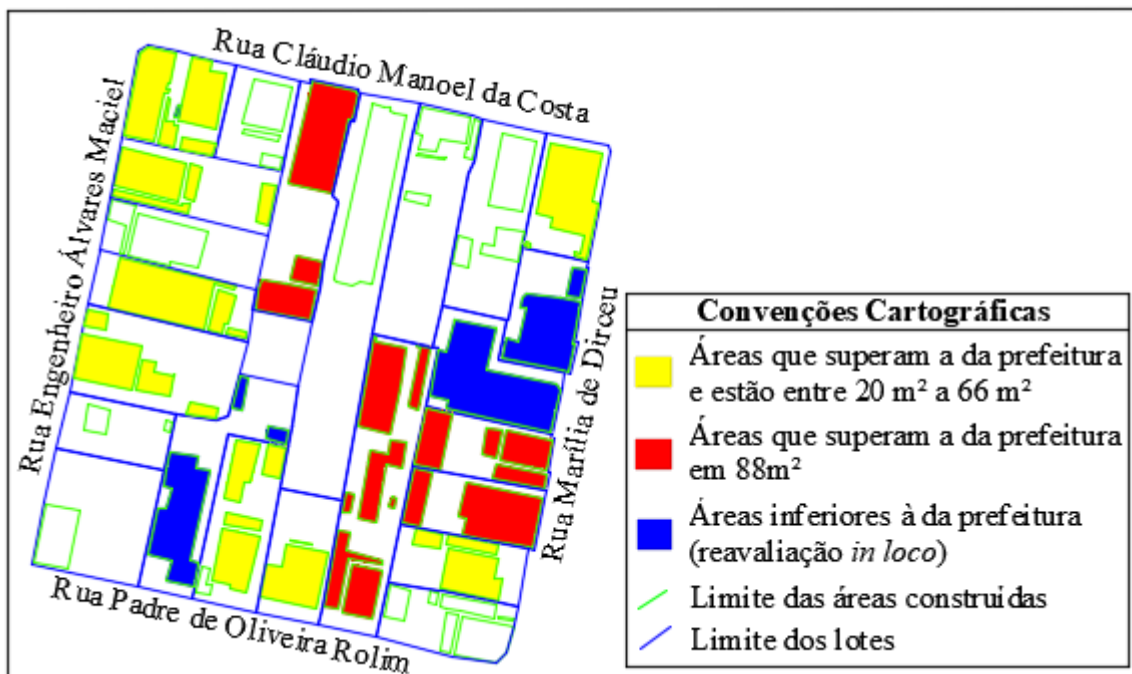
Na tabela 21 notam-se as áreas indicadas para proceder a atualização cadastral, 50% da área em estudo necessitam ser atualizadas. Na coluna 1 estão as identificações dos lotes, na coluna 2 e 3 as áreas da prefeitura e as vetorizadas que devem ser atualizadas, na quarta e quinta coluna a diferença em metros e em porcentagem. Os valores negativos da tabela indicam que as áreas da prefeitura que estão menores que as áreas vetorizadas. Percebe-se uma diferença de 35,34% a mais na área vetorizada, que totaliza 746,65 m².

Tabela 21: Áreas identificadas para a atualização cadastral.

Áreas Atualizadas				
Lotes	Prefeitura – P (m ²)	Vetorizada – V (m ²)	Diferença P – V	
			m ²	%
3	92,400	143,220	- 50,820	- 35,480
4	316,240	382,390	- 66,150	- 17,300
6	109,000	139,720	- 30,720	- 21,990
7	197,340	217,060	- 19,720	- 9,090
9	134,400	249,590	- 115,190	- 46,150
15	53,600	142,000	- 88,400	- 62,250
16	67,300	169,270	- 101,970	- 60,240
17	84,000	109,450	- 25,450	- 23,250
19	124,800	296,390	- 171,590	- 57,890
20	79,280	100,420	- 21,140	- 21,050
21	108,000	163,500	- 55,500	- 33,940
TOTAL	1366,360	2113,010	- 746,650	- 35,340

Na figura 42 observam-se os resultados obtidos com a vetorização da ortofoto. Primeiramente, apresenta-se em azul, as áreas da prefeitura que estão maiores que as vetorizadas. A essas áreas recomenda-se analisar se não está registrado valor incoerente, onde uma visita a propriedade será necessário para conferir os valores. Em segundo, as cores amarelas e vermelhas indicam as propriedades que devem ser atualizadas. As propriedades em amarelo mostram propriedades que apresentaram valores de 20 m² a 66 m², e as áreas em vermelho indicam propriedades que devem ser atualizadas urgentemente, pois apresentam valores muito discrepantes aos contidos na prefeitura, apresentando valores de 88 m² a mais de 100 m².

Figura 42: Áreas identificadas para a atualização cadastral.



6. CONCLUSÃO

Mesmo que o GSD final tenha dado um tamanho maior que o calculado para o voo, o resultado da vetorização foi satisfatório. O GSD final apresentou um valor menor que o GSD estimado para ser a menor unidade cartográfica (tijolo maciço), ou seja, o GSD final teve um valor de 5,39 centímetros sendo inferior aos 6,5 centímetros estipulados como GSD máximo aceitável.

Durante o processo de vetorização a experiência influenciou o resultado do RMS. Logo para este trabalho foi considerado o contexto do pixel para a definição da menor unidade cartográfica quando realizada a identificação do elemento. Nesse sentido o resultado do RMS (0,16 metros) obtido para a escala final de projeto do Discente “A” (1:849) ultrapassou 3 vezes o tamanho mínimo do GSD (0,0539 metros), ou seja, a escala de 1:808. Porém a vetorização do autor obteve um RMS de 0,13 metros e uma escala de projeto final de 1:650 ficando abaixo da escala máxima de 1:808. Logo todas as escalas obtidas ficaram maior que a escala recomendada para cadastro técnico urbano de 1:1000 de acordo com Lock e Erba (2007). A ortofoto gerada atendeu as normas da PEC e da PEC-PCD com a classe A e B respectivamente.

Com os resultados obtidos, nota-se que ocorreu crescimento urbano na área pesquisada. Ao identificar as áreas que necessitam da atualização cadastral, constatou-se que a prefeitura possui 35% de área a menos que a vetorizada. Esse fato indica a necessidade da atualização cadastral pois mostra uma perda na arrecadação municipal durante os últimos anos.

Com os resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização de VANT para a realização da atualização cadastral urbana é de grande importância, pois facilita a obtenção dos dados sobre a superfície terrestre, economia de tempo e custo. Mesmo com os resultados satisfatórios obtidos na área construída final, recomenda-se que se realize uma visita *in loco* às propriedades para confirmar algumas informações extraídas da vetorização.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. **Instrução Suplementar (IS) N.º 21-021** – RevisãoA. Apresentação de Dados Requeridos para Certificação Suplementar de Tipo. 2012. Disponível em: < http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-002a/@@display-file/arquivo_norma/IS%2021-002A.pdf>. Acesso em: 03/03/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. **REGRAS da ANAC para uso de drones entram em vigor**. ANAC. 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 03/03/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. NBR 7170. Rio de Janeiro, 1983. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria forma e dimensões**. NBR 8041. Rio de Janeiro, 1983. 4 p.

BELO, Lucas Maciel. **DEFINIÇÃO DOS LIMEARES DE SEGURANÇA PARA PLANEJAMENTO DE VOO DE DRONE COM A FINALIDADE DE GERAR PRODUTOS FOTOGRAFAMÉTRICOS**. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, Instituto Federal do Sul de Minas Gerais - Campus Inconfidentes, Inconfidentes-mg, 2016.

CAMPITELI, Mauricio. **Mosaico de ortofotos: o que você precisa saber**. 2016. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/mosaico-de-ortofotos/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

COELHO, Luiz; BRITO, Jorge Nunes. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro. EDUFRRJ, 2007. 196p.

COELHO, Luis Augusto Nunes; CHAVES, João Carlos. **Precisão na determinação das coordenadas dos vértices de imóveis urbanos.** Revista Brasileira de Cartografia, v. 67, n. 2, 2015.

CUNHA E. M. P.; ERBA, D. A.. **Manual de apoio – CTM: Diretrizes para a criação, instituição e atualização do cadastro territorial multifinalitário (CTM) nos municípios brasileiros.** Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

DRONENG, Drones e Engenharia. **5 critérios importantes na distribuição dos Pontos de Apoio.** 2017. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/distribuicao-dos-pontos-em-campo/>>. Acesso em: 13 mar. 2018.

ERBA, Diego; OLIVEIRA, F. Leal de; LIMA JUNIOR, P. Novais. **Cadastro multifinalitário como instrumento de política fiscal e urbana,** Rio de Janeiro, 2005.

FERREIRA, Silvia. **MDT e MDS: Você sabe a diferença?** 2016. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/mdt-e-mds/>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

FONSECA NETO, F. ; GRIPP JUNIOR, J. ; BOTELHO, M. F. ; SANTOS, A. P. ; NASCIMENTO, L. A. ; FONSECA, A. L. B. . **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE POSICIONAL DE DADOS ESPACIAIS GERADOS POR VANT UTILIZANDO FEIÇÕES PONTUAIS E LINEARES PARA APLICAÇÕES CADASTRAIS.** BOLETIM DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 134-149, mar. 2017.

GONÇALVES, Rômulo Parma. **MODELAGEM CONCEITUAL DE BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS PARA CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.** 2008. 170 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

LOCH, Carlos; ERBA, Diego Alfonso. **Cadastro Técnico multifinalitário: rural e urbano.** Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007.

MITISHITA, E.; EDUARDO, J.; GRAÇA, N. de.; CENTELHO, J.; MACHADO, A. **O Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em Aplicação de Mapeamento Aerofotogramétrico.** XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA. Gramado-RS.2014.

Roberto, Arcádio J. **Extração de Informação Geográfica a partir de Fotografias Aéreas obtidas com Vants para apoio de SIG Municipal.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2013.

SILVA NETO, Manoel. **GSD, o que é isso?** 2016. Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/gsd/>>. Acesso em: 01 abr. 2018.

SILVA, Suzana Daniela Rocha Santos e; CAZUMBÁ, Danielle Marques; COSTA, Lorena Jesus Macedo. **ANÁLISE DAS LIMITAÇÕES DO USO DE TECNOLOGIAS DE MAPEAMENTO DE BAIXO CUSTO PARA FINS CADASTRAIS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE.** In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO., 2017, Salvador. **Anais...** . Salvador, Ba: Geonordeste, 2017. p. 297 - 290.

TOKARSKI GLINSKI, Paulo Henrique; FRACCAROLI, Guilherme; AUGUSTO, Mário Ezequiel; SOUSA, Alex Luiz de. **Aeronaves Remotamente Pilotadas e a Atual Regulamentação no Brasil.** Congresso Nacional de Inovação e Tecnologia, [S.l.], oct. 2017. ISSN 2526-3145. Disponível em: <<http://www.inova.ceplan.udesc.br/index.php/inova/article/view/57>>. Acesso em: 14 mar. 2018.

TOMMASELLI, A. M. G.; GALO, M.; HASEGAWA, J. K. **Modernas Tecnologias de Aquisição de Imagens em Fotogrametria.** Boletim de Ciências Geodésicas. Curitiba, v. 6, nº 1, p. 49-64, 2000.