



**CENTRO
UNIVERSITÁRIO**



ENGENHARIA CIVIL
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ALTURA DE VOO DE UM RPA NA QUALIDADE DO ORTOMOSAICO E NA VETORIZAÇÃO DE ALVOS URBANOS

BASTO, JOICE GONÇALVES^{1*};
BORTOLINI, JOSEANE²;
CANAL, MAICON ALTIR³;
LAUXEN, ALEXANDRE⁴;

RESUMO: Com o atual avanço tecnológico e com a popularização das Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) a aerofotogrametria tem sido empregada constantemente nos processos de mapeamento, dentre as aplicações vinculadas ao mapeamento aéreo urbano tem-se o uso no Cadastro Técnico Multifinalitário dos municípios visando sua atualização cartográfica e justiça tributária. Nesse contexto, este estudo buscou realizar o mapeamento de área urbana com uma aeronave remotamente pilotada (RPA) considerando duas diferentes alturas de voo (86 e 120 metros) a fim de analisar a influência na qualidade do ortomosaico e na vetorização de alvos urbanos. O sobrevoo foi realizado em área urbana localizada no município de Santa Terezinha de Itaipu – PR. O procedimento para o mapeamento aéreo foi dividido em quatro fases: o planejamento de voo, execução, coleta de pontos de apoio e o processamento de dados, permitindo a obtenção dos ortomosaicos. Por fim, em cada ortomosaico realizou-se a vetorização das edificações considerando uma amostragem de 60 lotes. Com a realização do estudo constatou-se que a atualização cartográfica do município é necessária uma vez que houve discrepância de área construída em 45 das 60 amostras analisadas, e que ao comparar as ortofotos a diferença média de área construída vetorizada foi de 4,52 m², sendo que a ortofoto com maior altura forneceu uma melhor qualidade no produto final.

PALAVRAS-CHAVE: Aerofotogrametria. SIG. Mapeamento Urbano. Ortofoto.

¹Dicente, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-PR, joicebastoengcivil@gmail.com;

²Mestre em Engenharia Agrícola, Prof. Centro Universitário da Assis Gurgacz, Cascavel-PR, joseanebortolini@fag.edu.br;

³Bacharel em Engenharia Civil, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, Sócio proprietário da empresa CTMGEO, maiconcanal@gmail.com;

⁴Bacharel em Engenharia Mecânica, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel-P, alelauxen@hotmail.com;

1 INTRODUÇÃO

A aerofotogrametria permite a obtenção de dados topográficos através de fotografias aéreas, tanto oblíquas quanto verticais em relação ao solo, sendo possível obter medidas precisas, visando como objetivo principal visualizar toda a área mapeada com grande riqueza de detalhes e a elaboração, elaborando diversos tipos de mapas (ANDRADE, 2019).

Antigamente o mapeamento terrestre era realizado por equipamentos complexos e de difícil manuseio, hoje em dia tem-se a possibilidade de realizar mapeamento e captura das imagens utilizando as aeronaves remotamente pilotadas (RPA - *Remotely Piloted Aircraft*) popularmente conhecidas como Drones (ITARC, 2019).

A quantidade de pontos que um RPA coleta é muito superior à quantidade coletada na topografia convencional, o que melhora a representação do terreno, tornando os resultados obtidos muito mais eficientes. Outro fator importante sobre as aeronaves remotamente pilotadas é a capacidade de resolução temporal e espacial, serem muito mais eficientes do que os sensores a bordo de satélites, pois conseguem identificar a alteração da vegetação, como desmatamento, permitindo a ação imediata das autoridades competentes em curto espaço de tempo, minimizando os danos causados (ITARC, 2019; MACHADO, 2018).

A aerofotogrametria utilizando RPA tem se mostrado uma excelente alternativa para a obtenção de imagens aéreas e tem facilitado o empreendedorismo e a abertura de empresas de mapeamento aéreo atualmente se tornou mais fácil, por não ser mais necessário investir em sensores e aviões caros para desempenhar o trabalho (ITARC, 2019). Com a regulamentação dos RPAs no mercado internacional e nacional, e o vertiginoso avanço tecnológico dos componentes eletrônicos, é impossível desprezar que esses equipamentos podem impactar diversas áreas de engenharia, contudo, dependendo do tipo de aplicação, alguns pontos devem ser analisados (WITTE, 2016).

Nesse contexto considerando as técnicas de Sensoriamento Remoto e Fotogrametria este trabalho teve como objetivo geral realizar a análise do mapeamento de área urbana com uma aeronave remotamente pilotada (RPA), considerando duas diferentes alturas de voo (86 e 120 metros), a fim de verificar a influência na qualidade do ortomosaico e na vetorização de alvos urbanos, para tanto, considerando as imagens obtidas nos levantamentos realizou-se o processamento no *software Agisoft Metashape* e a comparação dos ortomosaicos quanto à utilização para a vetorização de edificações.

Destacando-se para a realização deste trabalho científico os seguintes objetivos específicos: Obter imagens à partir de um RPA a 120 metros e 80 metros, com um mesmo plano de voo; Realizar o processamento das imagens utilizando o *software Agisoft Metashape*; Verificar qual altura de voo de um RPA fornece uma melhor qualidade das imagens aéreas.

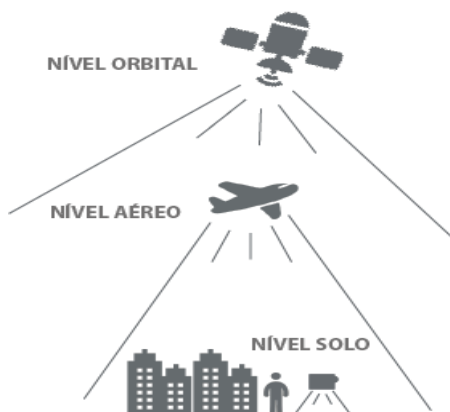
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto é definido como a aquisição de informações sem contato direto entre o pesquisador ou equipamento e o objeto de estudo, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e análise de interações eletromagnéticas e as substâncias componentes do planeta Terra (PENA, 2019; NOVO, 1992).

O sensoriamento remoto pode ser obtido através de três níveis de coleta de dados, conforme a Figura 1. O nível do solo, o nível aéreo e o nível orbital, ambos podem influenciar na distância, e no tamanho da superfície analisada. No nível do solo o próprio profissional manuseia os equipamentos, como GPS, fotômetros, entre outros, que coletam dados em pequenas áreas, porém com uma grande riqueza de detalhes. Já, no nível aéreo é feita a coleta dos dados por meio de sensores da própria plataforma, como aviões e Drones, sendo subprodutos da fotogrametria. No nível orbital são utilizados sensores a bordo de satélites que orbitam o planeta para coletar os dados dos alvos na superfície, como é o caso dos satélites ambientais, ou dados da atmosfera através de satélites meteorológicos (BARROS, 2018).

Figura 1: Níveis de coleta de dados com sensoriamento remoto.



Fonte: Geoaplicada (2019).

2.2 VANT

No Brasil caracteriza-se como VANT (veículo aéreo não tripulado) toda a aeronave projetada para operar sem piloto a bordo, segundo a ANAC a mesma pode ser dividida considerando a finalidade de uso em duas subcategorias: a primeira, mais conhecida como Aeronave Remotamente Pilotada (RPA – *Remotely Piloted Aircraft*), é uma aeronave não tripulada, pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota que tenha qualquer outra finalidade que não seja de recreação, e a segunda, chamada de aeromodelos, utilizada para fins recreativos. O termo popular Drone é uma expressão genérica que não é apresentado como termo técnico na legislação da Agência Nacional de Aviação Civil (GALVÃO, 2017; ANAC, 2017).

Apesar de sua recente presença no meio civil, os VANTs a princípio foram desenvolvidos para fins militares, atualmente são utilizados em inúmeras aplicações, como monitoramento ambiental, mapeamento aéreo e a até mesmo atividade de lazer e recreação, devido a isso, durante as últimas décadas, foram feitos esforços significativos para sua melhoria e autonomia, surgindo assim várias configurações de aeronaves distintas, com diferentes tamanhos, níveis de resistência e capacidade carga (ALVES, 2015).

Os VANT podem ser classificados por diversos critérios, desse modo vários países possuem sua própria forma de classificação, e muitas dessas classificações são semelhantes entre si, e variam umas das outras em poucas especificações. No Brasil, de acordo com o Novo regulamento da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), as aeronaves são categorizadas em 3 classes, seguindo o critério de peso máximo de decolagem do equipamento (ANAC, 2017). Segue abaixo a Quadro 1 de classificações segundo a ANAC.

Quadro 1: Classificações dos tipos de VANT.

CLASSE	PESO MÁXIMO DE DECOLAGEM	EXIGÊNCIAS DA AERONAVE
Classe 1	Peso máximo de decolagem maior que 150 kg.	A regulamentação prevê que equipamentos desse porte sejam submetidos a um processo de certificação similar ao existente para as aeronaves tripuladas, promovendo ajustes dos requisitos de certificação ao caso concreto. Esses Drones devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro

		e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 2	Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg.	Estabelece os requisitos técnicos que devem ser examinados pelos fabricantes e determinando que a autorização de projeto aconteça apenas uma vez. Esses Drones devem ser registrados no (RAB) e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
Classe 3	Peso máximo de decolagem de até 25 kg.	RPA Classe 3 que operem acima da linha de visada (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) devem ser de um projeto autorizado pela ANAC e devem ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones que operarem em até 400 pés (120 m) acima da linha do solo e em linha de visado visual (VLOS), não precisaram ser de projeto autorizado, mas devem ser cadastradas na ANAC, através do sistema SISANT. Drones que pesarem até 250g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua finalidade.

Fonte: Adaptada de ANAC (2017).

As regulamentações de uso, procedimentos de segurança de voo e autorizações para a realização do recobrimento, principalmente em áreas urbanas são questões importantes, principalmente no quesito de mapeamento aéreo. Para que fosse estabelecido um parâmetro a ANAC (2017) criou regras para as operações com aeronaves não tripuladas, complementando as normas de operações com Drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e pela ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações).

2.3 Mapeamento Urbano

A atualização da cartografia dos municípios é considerada um elemento de fundamental importância para o Cadastro Técnico Multifinalitário. O mesmo define como carta cadastral a representação do levantamento sistemático do território municipal (OLIVEIRA, 2010).

Para Blanco (2017), o Cadastro Técnico representa um vasto campo de atuação profissional, abrangendo desde tecnologias para medições do imóvel, o mapeamento temático: fundiário, uso do solo, geologia, planialtimétrico, solo, rede viária, rede elétrica; a legislação que rege a ocupação territorial e, finalmente, a economia que se pode extrair da terra.

Com a chegada dos VANTs tornou-se possível medir áreas construídas e adequar as irregularidades nas dimensões dos imóveis urbanos com baixo custo e em curto intervalo de tempo (ARANTES *et al.*, 2018). Porém deve-se levar em consideração fatores importantes em relação à qualidade do sensor, que geralmente é especificada pela sua capacidade de obter medidas detalhadas da energia eletromagnética, destacando-se a resolução espacial que diz respeito ao tamanho da unidade mínima de informação de uma imagem (*pixel*), sendo assim, quanto menor o tamanho do pixel maior será a resolução espacial, e maiores detalhes serão obtidos na imagem (MAIO *et al.*, 2008; MACHADO, 2018).

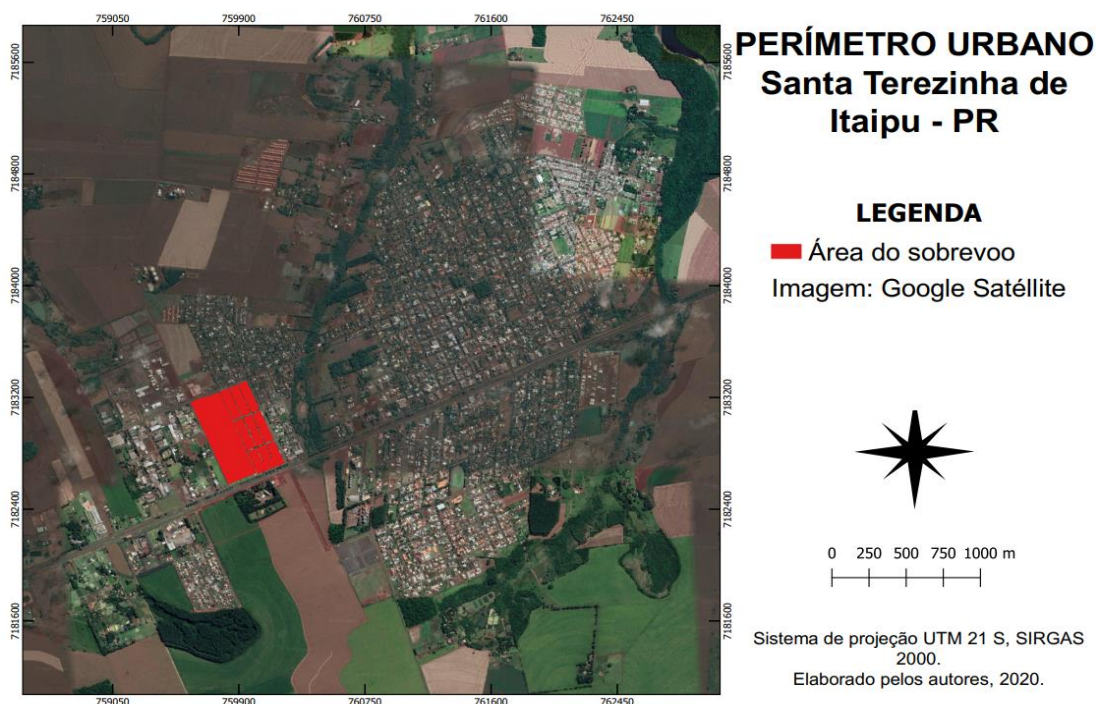
Com o sistema cadastral atualizado pode-se desenvolver um Cadastro Técnico Multifinalitário como ferramenta de apoio à gestão pública municipal. Este, que por sua vez, permite analisar as potencialidades do município para um desenvolvimento sustentável, possibilitando assim, melhor gestão dos recursos, gerando condição de vida para toda a população (BLANCO, 2017).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O levantamento em campo foi realizado no perímetro urbano do município de Santa Terezinha de Itaipu, conforme Figura 2. O município se estende por 259,4 km² e contava com 20.841 habitantes no último censo em 2017. A densidade demográfica é de 80,3 habitantes por km² no território do município. Vizinho dos municípios de Foz do Iguaçu e São Miguel do Iguaçu. Com 284 metros de altitude e possuindo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 25° 26' 56" Sul, Longitude: 54° 24' 26" Oeste (IBGE, 2020). Devido ao tempo de processamento de imagens e ao grande número de dados a serem levantados, o estudo limitou-se à área de 49 hectares que se refere à parte do loteamento 15 – Jardim Santa Monica, no perímetro do município.

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo no município de Santa Terezinha de Itaipu – PR.

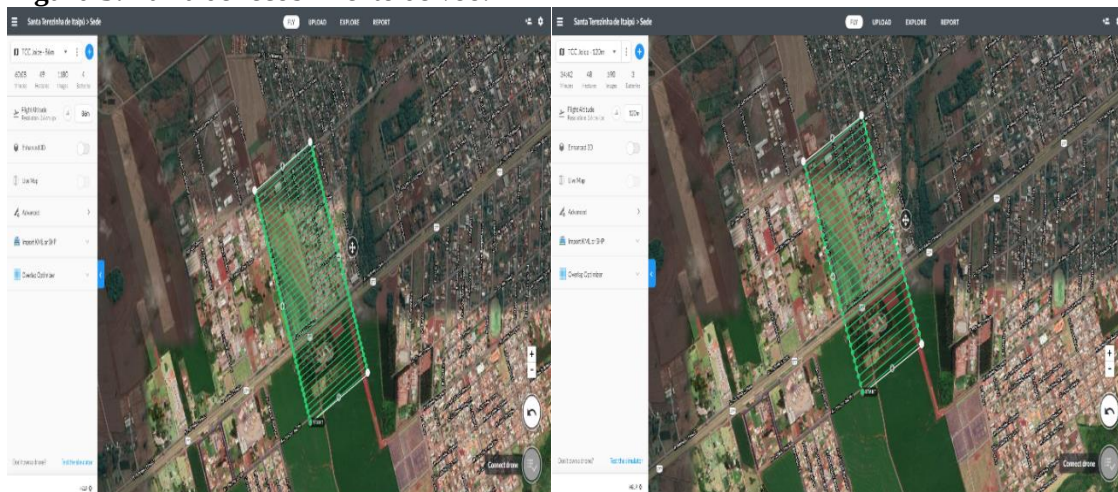


Fonte: Autora (2020).

Para alcançar os objetivos propostos, foi realizado um pedido de autorização de voo no sistema do DECEA o SARPAS (solicitação de acesso de aronave remotamente pilotada), o pedido levou 18 dias para ser aprovado. As técnicas utilizadas consistiram no estudo da área para realização do planejamento e execução de voo, coleta de pontos de apoio, no processamento dos dados e na vetorização das edificações para comparação dos ortomosaicos.

3.2 Planejamento de voo

O bom planejamento da coleta dos dados é um passo fundamental para a obtenção de resultados com boa qualidade. Nesse trabalho, para a realização do planejamento dos voos foi utilizada a plataforma *online Dronedeploy*, determinando a rota de voo para a obtenção das fotografias aéreas verticais. Visando uma diferença notável, no processamento e na qualidade das imagens, foram planejados dois voos. O primeiro voo foi realizado considerando uma altura de 86 metros de altura, e o segundo foi realizado a 120 metros, obtendo-se o GSD (*Ground Sample Distance*) teórico de 1,9 cm e 2,7 cm, respectivamente. Na Figura 3 observa-se a faixa de recobrimento de voo com sobreposição lateral e frontal de 80%, e as demais informações quanto ao planejamento de voo estão apresentadas no Quadro 2.

Figura 3: Faixa de recobrimento de voo.

Fonte: Autora (2020).

Quadro 2: Características dos voos.

	Voo 86 metros	Voo 120 metros
Tempo de voo	80:40 minutos	44:24 minutos
Hectares	49	49
Quant. de Imagens	1611	810
Baterias	6	3
Resolução (GSD)	1.9 cm por <i>pixel</i>	2.7 cm por <i>pixel</i>
Sobreposição frontal	80%	80%
Sobreposição lateral	80%	80%
Velocidade de voo	6m/s	8m/s

Fonte: Autora (2020).

Objetivando o êxito na coleta de dados, além de verificar as condições climáticas como velocidade do vento, neblina ou até mesmo chuva para a data e local do voo, foi necessário verificar a janela de voo, ou seja, o período ideal para realizar o mapeamento, visto que o sol realiza uma trajetória no céu, e devido a esta trajetória existe a possibilidade da quantidade de sombras, influenciar no apontamento dos alvos na hora do processamento (DRONENG, 2017).

3.3 Planejamento de pontos de apoio

Foram implantados o total de 9 pontos de apoio na área, estes foram divididos em 4 pontos de controle e 5 de verificação, os mesmos foram sinalizados no terreno. A

localização foi distribuída o mais uniformemente possível, de modo que facilitasse a observação dos pontos fotoidentificáveis, com o intuito de maior acurácia, levando em consideração a diferença de relevo da área de estudo, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4: Distribuição dos pontos de controle e pontos de verificação.



Fonte: Google Earth (2020).

Dentre os 9 pontos, 7 pontos foram materializados através de um alvo pintado de branco em uma superfície rígida, com dimensões de 80 x 80 cm. Para os outros 2 pontos foram usados como alvo uma placa de madeira com dimensões de 30 x 30 cm, devido à localização dos pontos serem em uma área em que não havia superfície rígida. Todos os pontos de apoio foram coletados através de um equipamento de GNSS CHC modelo X91+ RTK com o sistema de coordenadas geográficas. Em cada ponto foram feitas 200 leituras, cerca de 3 minutos de 35 segundos, para que fosse adquirida uma maior precisão e um menor desvio padrão. O equipamento e acessórios, apresentados na Figura 5, foram fornecidos pela empresa CTMGEO.

Figura 5: Coleta dos pontos de apoio com GPS geodésico (RTK)



Fonte: Autora (2020).

3.4 Execução de voo

No dia 27 de Fevereiro realizaram-se os dois levantamentos em campo, em conjunto com a empresa CTMGEO. A coleta dos dados foi realizada utilizando o RPA Mavic Pro, por conta de sua autonomia na cobertura de área por voo, e uma câmera aprimorada, no Quadro 3 é possível observar as características da aeronave.

Quadro 3: Características do RPA Mavic Pro.

Peso do equipamento	743 gramas (com capa do <i>gimbal</i>)
Autonomia	27 minutos (sem vento / vel. Const. 25)
Resolução do vídeo	4k 60 fps
Modo de GPS	GPS/GLONASS
Distância máxima de voo	13 km
Tempo máximo pairando	24 minutos (sem vento)
Tempo médio de operação	21 minutos (sobrando 25 % de bateria)
Velocidade máxima ascendente	5 m/s no modo Sport
Velocidade máxima descendente	3 m/s
Velocidade máxima	40 mph (65 km/h) no modo Sport

Fonte: Adaptada de DJI (2020).

Durante a realização de todos os voos acompanhou-se em campo os parâmetros de: altitude de voo, velocidade da aeronave, velocidade do vento e estabilidade conforme Figura 6, para garantir que as fotos estivessem sendo capturadas de forma planejada. Se durante o voo sucede-se alguma inconformidade entre o que foi planejado em escritório e as condições climáticas durante a operação, o operador poderia imediatamente cancelar o voo, que automaticamente o RPA seria direcionado para o ponto de pouso planejado conhecido como *home point* (HORUS AERONAVES, s/d).

Figura 6: Acompanhamento do voo em tempo real pela *live-view*.

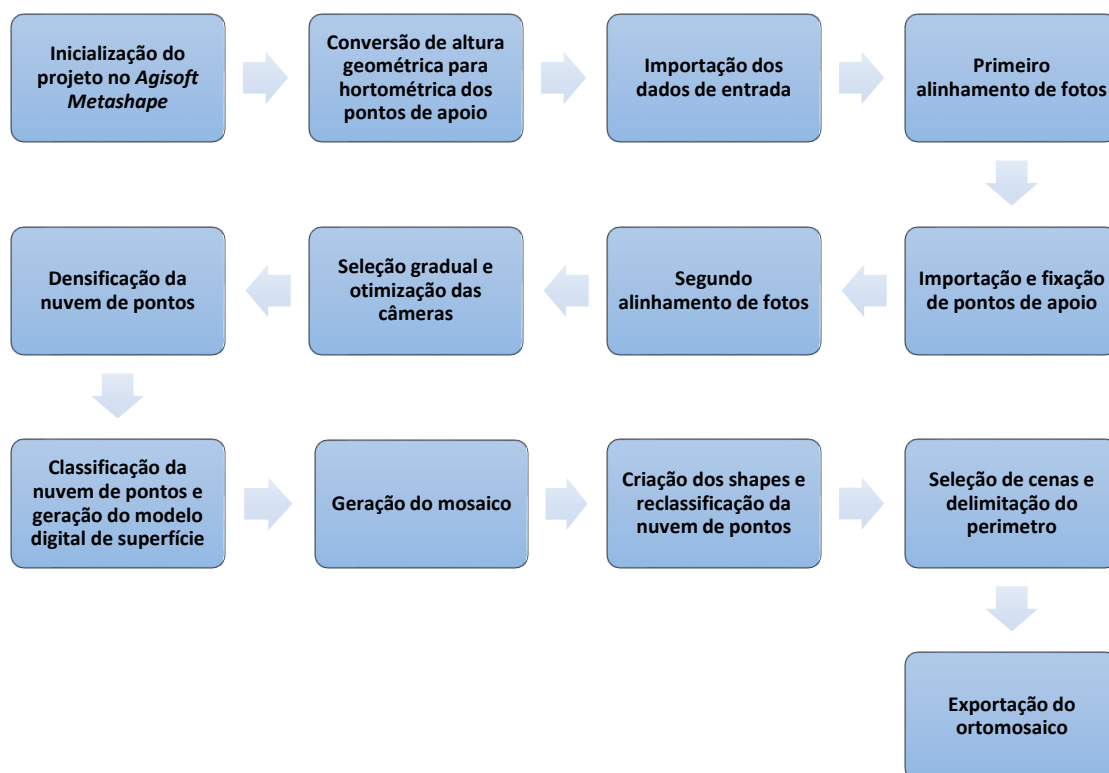


Fonte: Autora (2020).

3.5 Processamento da imagem

O processamento das imagens foi totalmente realizado por meio da inserção dos dados em um *software* aerofotogramétrico específico (*Agisoft Metashape Professional Edition, Version 1.2.6, 2019*), em que as fotografias devidamente georreferenciadas, foram importadas para o ambiente do programa, o fluxograma das etapas de processamento estão apresentadas na Figura 7.

Figura 7: Fluxograma das etapas de processamento das imagens no *software Agisoft Metashape*.



Fonte: Autora (2020).

Ao importar as fotos para o ambiente do *Agisoft Metashape*, foi necessário alterar o SRC (Sistemas de Referência de Coordenadas) de WGS 84 coordenadas geográficas, oriundo do próprio Sistema de posicionamento global (GPS - *Global Positioning System*) para o sistema SIRGAS2000 coordenadas UTM, sendo utilizado o fuso o 21S, que corresponde ao Município de Santa Terezinha de Itaipu – Paraná, no hemisfério Sul.

Logo após foi realizado o primeiro alinhamento de pontos, seguido da importação das máscaras para encontrar pontos homólogos em regiões homogêneas. Para que fosse realizada a importação e a fixação dos pontos de controle e pontos de verificação, primeiramente foi necessária uma correção ortométrica, utilizando uma calculadora

geográfica, para se obter as coordenadas coletadas no sistema grau decimal ou GMS (Grau, minuto e segundo). Em seguida, utilizando o mapgeo2015 v1.0, foi realizada a transformação de altitude elipsoidal em altitude ortométrica, e tendo como resultado final a obtenção da ondulação geoidal que foi subtraída da altitude coletada no ponto no arquivo de importação.

Após as correções ortométricas foi realizada a importação dos pontos de apoio, contendo cinco informações importantes, quantidade de pontos, coordenadas X, coordenadas Y, altitude corrigida e rótulo. Na Tabela 1 são apresentadas as coordenadas dos pontos coletados. Os pontos PAs representam os pontos de Controle, e os PCs representam os pontos de verificação, também chamados de pontos de *Check*.

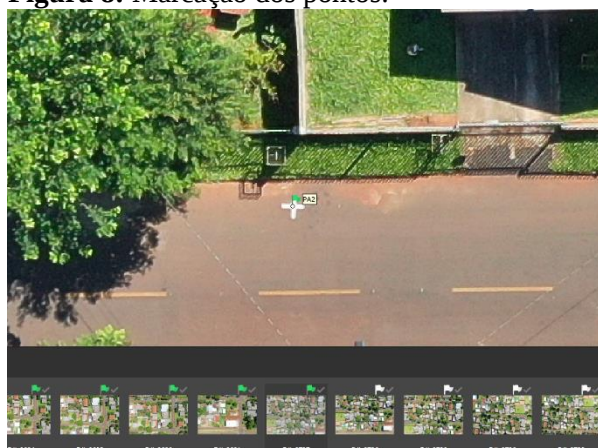
Tabela 1: Coordenadas dos pontos de controle (PA) e de verificação (PC)

Ponto	Eixo Y	Eixo X	Altitude H	Label
1	7183259.9820	759987.8564	279.0027	PC5
2	7183222.8935	759701.0645	291.1886	PA3
3	7183093.3628	759905.2420	284.4042	PC3
4	7182994.3376	760019.2375	281.5921	PA2
5	7182734.2872	759987.4932	292.5892	PC1
6	7182583.8806	759868.2854	299.1940	PA4
7	7182784.0465	759737.7582	297.8822	PC4
8	7182275.4586	760053.2700	302.9292	PC2
9	7182518.9882	760311.6677	292.9306	PA1

Fonte: Autora (2020).

Posteriormente a importação das coordenadas foi executado o apontamento das marcações nas imagens conforme Figura 8.

Figura 8: Marcação dos pontos.



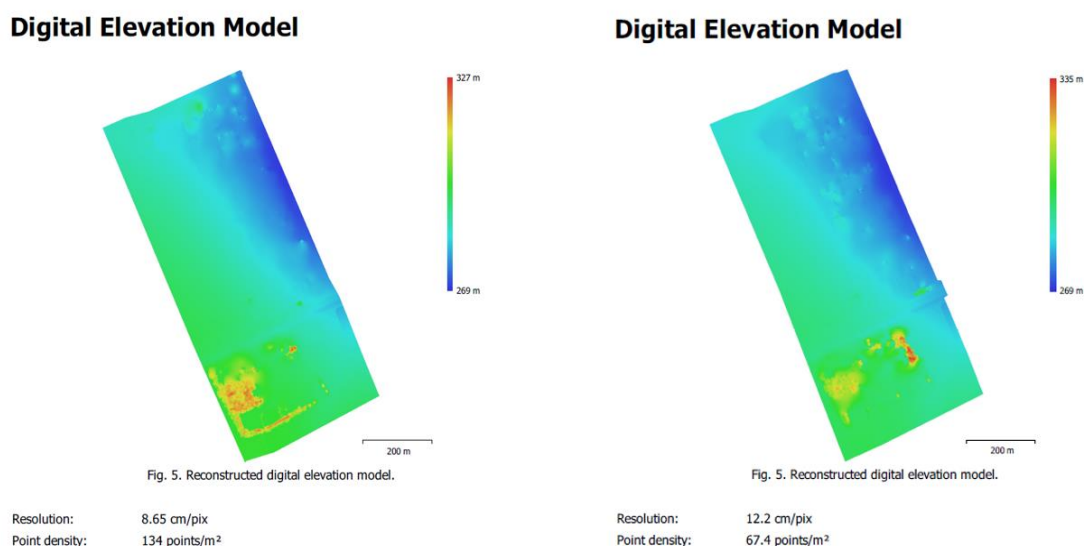
Fonte: Autora (2020).

Para sequenciar o processamento, foi necessária a realização de um segundo alinhamento das fotos, considerando assim, os pontos de apoio na hora de alinhar as fotos. Como o primeiro alinhamento foi realizado para serem encontrados os pontos homólogos, e alinhar as fotos de acordo com as coordenadas obtidas no GPS de navegação do drone, os parâmetros executados foram de baixa qualidade. Logo após, foram desmarcados os pontos de verificação, para que houvesse uma diferenciação entre os pontos de controle com relação à *Accuracy*, que fornece a precisão dos pontos homólogos.

Em seguida, realizou-se a seleção gradual e otimização das câmeras, em que foi feita uma filtragem do número total de pontos obtidos com relação ao seu erro de reprojeção, incerteza de reconstrução e acurácia de projeção, após selecionar cerca de 10% dos pontos, realizou-se a exclusão dos mesmos, e foi executada uma nova seleção gradual através da otimização das câmeras.

Posterior ao processo de otimização das câmeras, foi executada a densificação da nuvem de pontos, utilizando o parâmetro *médium* para um melhor uso da máquina em contraste com uma qualidade boa de nuvem de pontos, para o critério de qualidade. Em seguida gerou-se o modelo digital de superfície, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9: Modelo digital de superfície voo 86 e voo 120.



Fonte: Autora (2020).

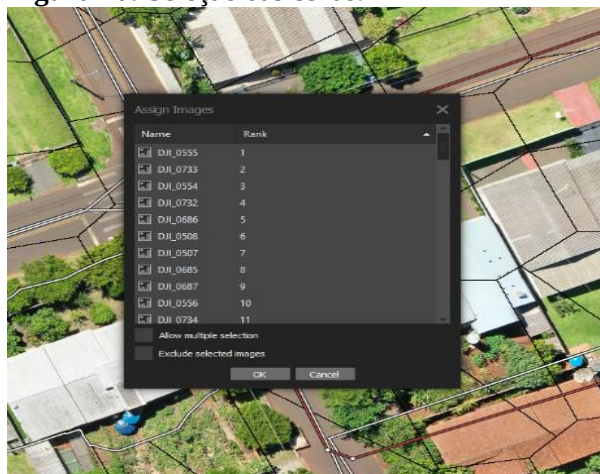
Para a construção do ortomosaico, foi utilizado o modelo digital de superfície (MDS) construído anteriormente. Seguindo o processamento, o último passo antes das

gerações do mosaico de ortofotos final, foi realizada uma reclassificação das cenas, para que não houvesse deformações, como bolhas na ortofoto. Após a identificação das deformações, foi feito um polígono ao redor destas áreas, servindo como base para uma reclassificação de pontos, fazendo com que esses erros fossem corrigidos. Em seguida, os polígonos foram exportados para serem substituídos pelos existentes em outras partes do modelo, pois os desenhos são apenas para a aba 2D, sendo necessário realizar a importação dos polígonos para trazê-los para o plano 3D.

Após a seleção dos pontos a partir dos polígonos, necessitou-se reclassificar os pontos em destaque para que fossem corrigidos. Ao realizar o passo anterior, os pontos selecionados foram colocados em uma nova classe, que posteriormente não faria parte do modelo digital, e através disso foi possível realizar a correção dos pontos selecionados.

Para atualizar o mosaico, gerou-se um novo MDE, sem levar em consideração a classe selecionada, para os pontos destacados com os polígonos. Verificou-se no ortomosaico novo que as deformações e bolhas sumiram, porém ainda havia descontinuidades no projeto e isso ocorreu devido às linhas de corte, também chamadas de *steamlines*. Com o intuito de corrigir as descontinuidades no projeto, cada polígono foi selecionado de forma individual, encontrando assim, a opção *Assign Images* (conforme Figura 10), em que foi possível verificar uma grande variedade de imagens ranqueadas pela posição do GPS na foto.

Figura 10: Seleção das cenas.



Fonte: Autora (2020).

Quanto mais próxima estivesse a foto ao centro do polígono, melhor seria o ranking de cada uma. Depois de selecionadas todas as cenas, foi realizada a aplicação das mudanças. Em seguida, os ortomosaicos foram exportados.

3.6 Vetorização de áreas construídas nos ortomosaicos

Considerando que o cadastro na prefeitura de Santa Terezinha de Itaipu – PR, foi realizado através de medições com a trena na área construída, e as imagens com o RPA capturou a projeção do telhado, foi descontada uma medida de 0,6 metros respectivo ao beiral de cada residência (FERNANDES, 2018).

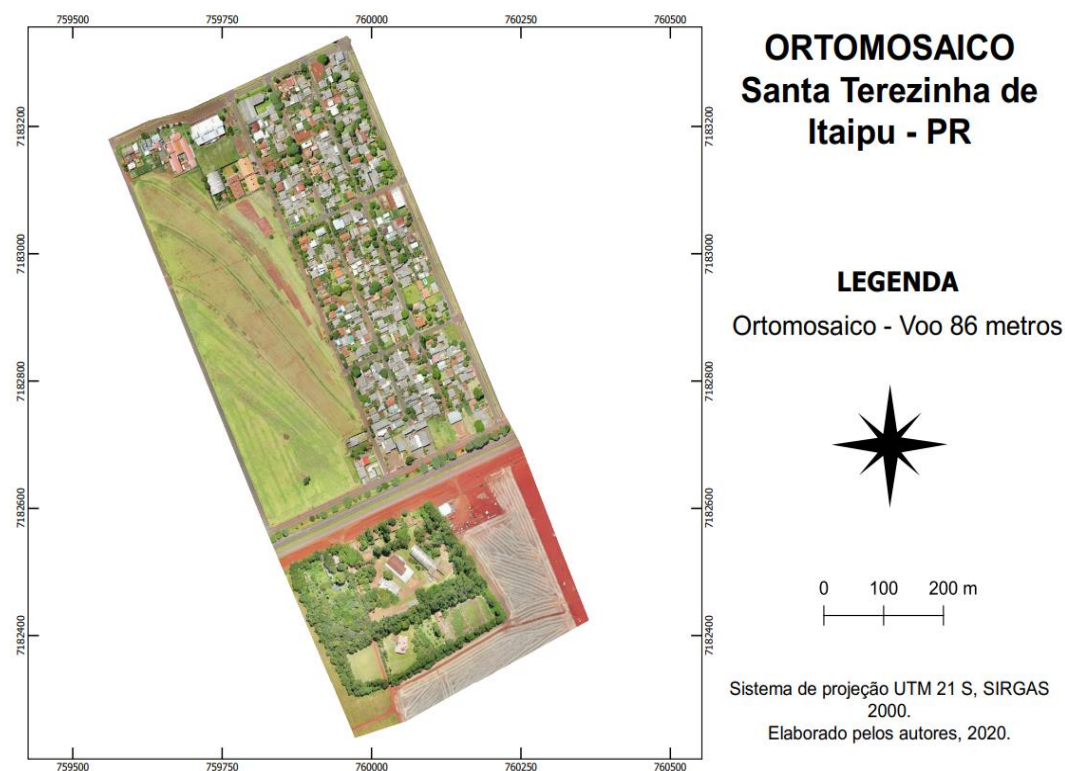
Para definir os alvos de amostragem nos ortomosaicos utilizou-se como referência a base cadastral do município (1998) e considerando os lotes já cadastrados na área de estudo (145 lotes) determinou-se que a quantidade necessária de amostras com 90% de confiança que seria de 60 lotes. Considerando esse número mínimo de amostragem realizou-se no *software Qgis* (3.10), através da ferramenta *seleção aleatória* a amostragem de feições, a qual foi utilizada como referência para a realização da vetorização manual da área construída realizada no *software Bentley* série 4 em cada um dos ortomosaicos, a partir das informações coletadas, foi criado uma tabela de atributos contendo a identificação de cada unidade amostral e sua área construída.

Por fim, realizou-se a análise da estatística descritiva considerando 95% de confiança, o que permitiu comparar a diferença de área construída considerando a vetorização nos ortomosaicos obtidos a 86 metros e a 120 metros, bem como a diferença de área construída, considerando a base cadastral do município.

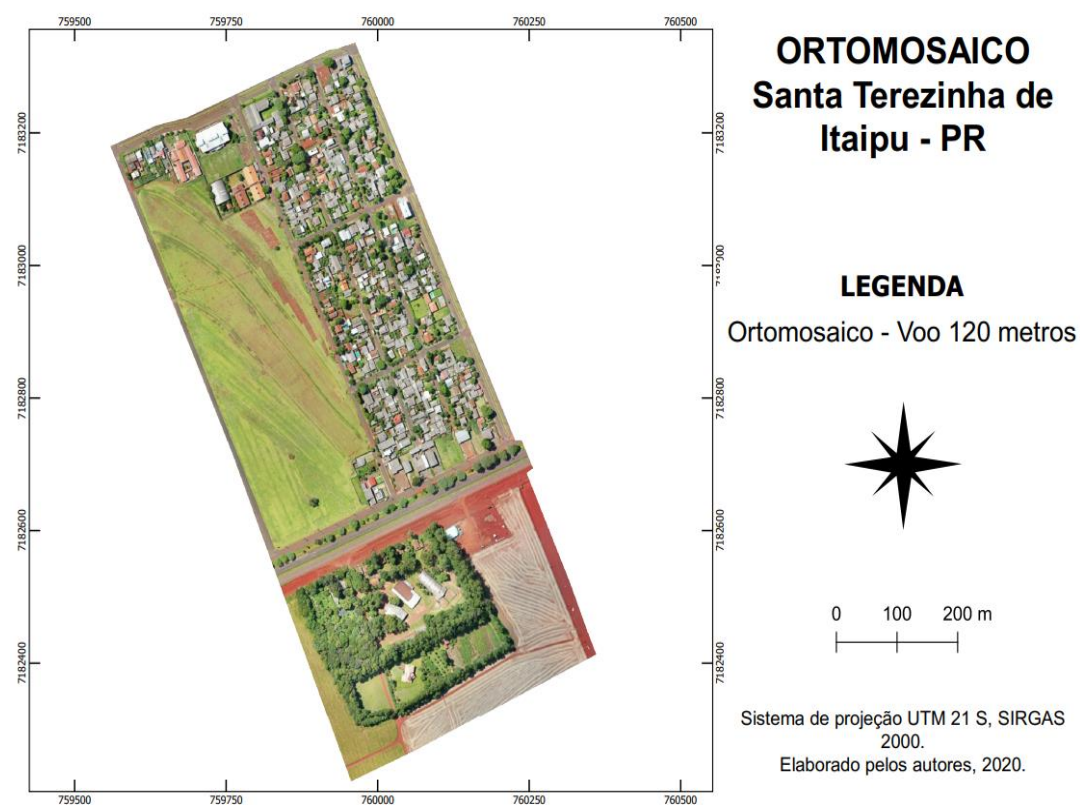
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ortomosaico

Considerando todo o processo de planejamento e execução de voos e as etapas de processamento foi possível obter os dois ortomosaicos mensurados com diferentes alturas para a área de estudo, conforme apresentado nas Figuras 11 e 12.

Figura 11: Ortofoto do voo de 86 metros.

Fonte: Autora (2020).

Figura 12: Ortofoto do voo de 120 metros.

Fonte: Autora (2020).

O ortomosaico do voo de 86 metros apresentou um GSD prático de 2,5 cm e ortomosaico com voo de 120 metros um GSD de 3,5 cm, tendo uma diferença de 1 cm entre os ortomosaicos.

Conforme apresentado no Quadro 4, considerando a quantidade de fotos coletadas observou-se que o voo realizado a 86 metros de altitude obteve um total de 1863 câmeras (fotos), enquanto o voo a 120 metros capturou 856 câmeras, ou seja, o voo executado a 86 metros coletou 54 % de dados a mais quando comparado ao voo a 120 metros.

Os resultados apresentados corroboram com Amorim *et al.*, (2016). sendo que análises com voos mais altos permitem um GSD maior, possibilitando melhorar a relação custo-benefício, uma vez que se consegue elaborar ortofotos de áreas maiores em uma mesma operação.

Quadro 4: Parâmetros de processamento dos voos de 86 e 120 metros.

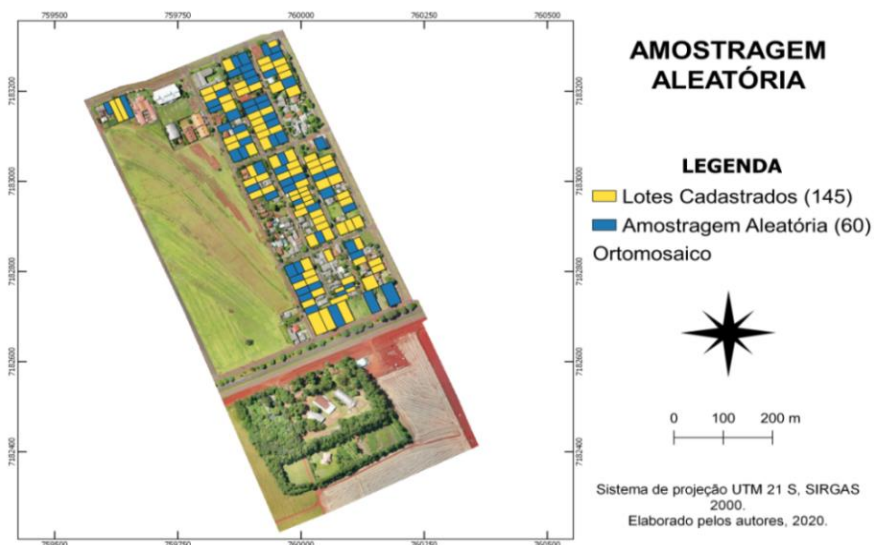
Parâmetros de processamento voo 86 metros	
Fotos	1863
Alinhamento das fotos	1863
Marcadores	9
Polígonos	404
Sistema de coordenadas	SIRGAS 2000 / UTM zona 21S
Parâmetros de processamento voo 120 metros	
Fotos	856
Alinhamento das fotos	856
Marcadores	9
Polígonos	275
Sistema de coordenadas	SIRGAS 2000 / UTM zona 21S

Fonte: Autora (2020).

4.2 Vetorização de edificações

Considerando a base cadastral do município e o procedimento descrito do *software Qgis* (3.10), foi possível obter os resultados quanto à amostragem aleatória dos 60 lotes, conforme apresentado na Figura 13, os quais continham nos lotes vetorizados edificações como casas, galpões e telheiros.

Figura 13: Amostragem aleatória.



Fonte: Autora (2020).

A vetorização da área construída apresentada na Figura 14, foi possível de ser realizada utilizando os dois ortomosaicos, pois a resolução espacial de ambos (2,5cm e 3,5cm) permitiu a visualização detalhada dos alvos em área urbana, segundo Arantes *et al.*, (2018) para a medição de área construída as resoluções espaciais de 2cm, 5cm e 10 cm apresentam bons contrastes para vetorizar os limites dos imóveis.

Figura 14: Vetorização da amostra.



Fonte: Autora (2020).

A vetorização foi realizada com o auxílio das imagens 360 do SIG do município, que proporcionaram uma maior confiabilidade na questão de recuos e beirais das edificações. A vetorização final obtida, considerando a área construída referente aos 60 lotes amostrais, estão apresentadas na Figura 15.

Figura 15: Mapa de vetorização da área construída

Fonte: Autora (2020).

4.3 Comparativo de área

Através da vetorização das amostras foi possível determinar a área das edificações, conforme resultados apresentados na Tabela 2. Onde foi comparado a diferença da área construída cadastrada no município com a área das edificações nas ortofotos dos voos de 86 metros e 120 metros, além de uma comparação de diferença de área vetorizada entre as ortofotos de 86 e 120 metros.

Tabela 2: Resultados da mensuração da área cadastrada no município com a área vetorizada nas ortofotos.

Amostra	Área cadastrada m ²	Área voo 86 m ²	Área voo 120 m ²	D. Á. 86 x D. Á. 120	D. Á. Const x D. Á. 86	D. Á. Const x D. Á. 120
1	60,00	94,94	92,97	1,97	34,94	32,97
2	49,42	198,71	195,25	3,46	149,29	145,83
3	150,71	151,59	150,28	1,31	0,88	0,43
4	82,00	125,38	123,86	1,52	43,38	41,86
5	137,23	200,66	192,75	7,91	63,43	55,52
6	53,95	140,83	142,31	1,48	86,88	88,36
7	120,30	152,12	152,23	0,11	31,82	31,93
8	0,00	121,87	124,25	2,38	121,87	124,25
9	164,50	216,48	214,91	1,57	51,98	50,41
10	111,96	111,75	107,80	3,95	0,21	4,16
11	0,00	194,15	188,66	5,49	194,15	188,66
12	42,00	238,75	229,17	9,58	196,75	187,17
13	0,00	134,33	128,50	5,83	134,33	128,5
14	0,00	135,51	128,70	6,81	135,51	128,7

15	72,90	81,94	81,21	0,73	9,04	8,31
16	120,76	186,87	178,56	8,31	66,11	57,8
17	85,36	157,99	157,1	0,89	72,63	71,74
18	58,58	220,47	225,37	4,90	161,89	166,79
19	189,30	179,42	176,45	2,97	9,88	12,85
20	57,21	116,28	113,41	2,87	59,07	56,2
21	108,57	111,96	110,10	1,86	3,39	1,53
22	101,80	143,93	148,54	4,61	42,13	46,74
23	81,32	166,59	162,66	3,93	85,27	81,34
24	101,90	182,23	182,25	0,02	80,33	80,35
25	145,35	163,67	162,92	0,75	18,32	17,57
26	49,00	48,98	49,14	0,16	0,02	0,14
27	246,38	208,89	204,90	3,99	37,49	41,48
28	75,26	202,8	205,88	3,08	127,54	130,62
29	57,96	83,78	94,00	10,22	25,82	36,04
30	56,00	91,48	96,10	4,62	35,48	40,1
31	116,00	140,79	137,91	2,88	24,79	21,91
32	98,48	150,73	145,62	5,11	52,25	47,14
33	113,41	145,13	140,62	4,51	31,72	27,21
34	188,63	208,88	201,17	7,71	20,25	12,54
35	71,06	171,64	161,46	10,18	100,58	90,4
36	30,00	168,00	160,89	7,11	138,00	130,89
37	32,60	107,46	104,25	3,21	74,86	71,65
38	47,60	166,88	166,1	0,78	119,28	118,5
39	111,35	116,55	114,33	2,22	5,2	2,98
40	92,71	128,46	122,22	6,24	35,75	29,51
41	70,00	161,79	160,9	0,89	91,79	90,9
42	0,00	645,58	619,17	26,41	645,58	619,17
43	76,26	67,31	64,36	2,95	8,95	11,9
44	285,25	471,00	490,86	19,86	185,75	205,61
45	124,94	170,33	169,56	0,77	45,39	44,62
46	91,76	151,71	151,99	0,28	59,95	60,23
47	196,00	375,22	371,32	3,90	179,22	175,32
48	300,00	331,27	320,41	10,86	31,27	20,41
49	61,00	102,02	102,94	0,92	41,02	41,94
50	179,66	344,96	345,38	0,42	165,3	165,72
51	32,60	125,58	125,95	0,37	92,98	93,35
52	32,60	104,67	104,69	0,02	72,07	72,09
53	225,00	513,75	497,97	15,78	288,75	272,97
54	273,73	334,53	322,49	12,04	60,80	48,76
55	119,40	137,16	135,15	2,01	17,76	15,75
56	30,00	122,52	118,15	4,37	92,52	88,15
57	160,85	170,12	167,05	3,07	9,27	6,20
58	211,77	223,34	216,66	6,68	11,57	4,89
59	63,00	113,24	112,48	0,76	50,24	49,48
60	71,28	154,37	152,87	1,50	83,09	81,59

Fonte: Autora (2020).

É possível observar que os valores mensurados através da vetorização dos ortomosaicos possuem uma grande discrepância, quando comparados com a área construída cadastrada na base cadastral do município. Acredita-se que as divergências no comparativo estejam relacionadas à desatualização da base cadastral municipal, que não passou por alterações desde 1998, tais resultados vêm ao encontro de Fernandes (2018), que afirma que a discrepâncias podem ocorrer dentre outros motivos em função da desatualização cadastral.

Algumas amostras apresentavam 0,0 m² de área construída, e considerando esse período temporal de mais 20 anos foram destacadas em vermelho as amostras cuja a área vetorizada nos ortomosaicos foram 15% maiores que a área já cadastrada no município. Resultando em 45 amostras com aumento significativo de área construída das 60 amostras analisadas. Desta forma, pressupõe-se a necessidade e a importância de recadastramento imobiliário na área analisada.

A Tabela 3 apresenta a estatística descritiva da área vetorizada (60 amostras) considerando o voo de 86 metros e o voo de 120 metros, em comparação com a diferença entre eles bem como com a área municipal cadastrada.

Tabela 3: Estatística descritiva para as 2 alturas de voo.

	Área Voo 86	Área Voo 120	Diferença 86 x 120	Área Cadastrada (A.C)	Área Cadastrada (A.C) x 86	Área Cadastrada (A.C) x 120
Média	181,49	178,75	4,52	101,44	81,93	79,67
Mínimo	48,98	49,14	0,02	0,00	0,02	0,14
Máximo	645,58	619,17	26,41	300,00	645,58	619,17
Desvio- Padrão	106,68	104,41	4,91	72,00	95,90	93,05

Fonte: Autora (2020).

A média de área construída vetorizada no ortomosaico de 86 metros foi de 181,49 m² e no ortomosaico de 120 metros a média obtida foi de 178,75 m² apresentando-se uma diferença média de 4,52 m². Essa diferença de área vetorizada na ortofoto de 86 metros, quando comparada à ortofoto de 120 metros, pode ter ocorrido no momento do processamento na fase de seleção de cenas, devido ao fato que a cena selecionada para uma edificação na ortofoto de 86 metros, pode não ter sido a mesma selecionada na

ortofoto de 120 metros, levando a uma diferença na mensuração dos objetos. Quanto menor for o objeto, maior será a necessidade de aumentar a imagem para identificar os detalhes na imagem, evidenciando assim, os *pixels* (NICHETTI, 2016). Outro fator que pode ter interferido na qualidade dos detalhes que implica diretamente na vetorização, foi a diferença de 1 cm de GSD nas ortofotos, porém nem sempre a escolha de um GSD menor pode não ser a melhor opção, pois isso diminui a sua capacidade de mapeamento o que acarreta em mais voos, mais dias de campo e mais custo, além de influenciar na acurácia posicional do seu mapeamento (DRONENG, 2016).

Considerando o relatório de processamento obtido, ao analisar a acurácia com base nos pontos de *check*, apresentado na Tabela 4, observou-se que a diferença do erro tridimensional (XYZ) gerado nas ortofotos, foi de 25,532 cm de erro total na ortofoto de 86 metros, e 14,1325 cm de erro total na ortofoto de 120 m. Considerando os pontos de verificação indicadores de qualidade do produto (DRONENG, 2019).

Os resultados permitem acreditar que as vetorizações do ortomosaico de 120 metros possuem maior confiabilidade, visto que seu erro planimétrico (XY) foi bem menor (9,434 cm) quando comparado com o erro planimétrico do ortomosaico de 86 metros (19,630 cm).

Tabela 4: Erro tridimensional nos pontos de *check*.

Pontos de Check ortomosaico 86 metros					
Contagem	Erro em X (cm)	Erro em Y (cm)	Erro em Z (cm)	Erro em XY (cm)	Total (cm)
5	16.7262	10.2749	16.3262	19.63	25.532
Pontos de Check ortomosaico 120 metros					
Contagem	Erro em X (cm)	Erro em Y (cm)	Erro em Z (cm)	Erro em XY (cm)	Total (cm)
5	8.8297	3.3223	10.5227	9.4340	14.1325

Fonte: Autora (2020).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) vem sendo cada vez mais usual e fica claro que o mapeamento aéreo de áreas urbanas com RPA oferece um alto nível de riqueza de detalhes, pois os resultados apresentados neste trabalho demonstram que é possível realizar a vetorização de edificações realizando voos de 86 ou 120 metros, visto que ambas permitem a visualização detalhada dos alvos em área urbana.

A diferença média de área construída vetorizada nos ortomosaicos foi de 4,52 m², embora o ortomosaico de 86 metros possua um GSD menor que a sua qualidade posicional, foi inferior quando comparada com o ortomosaico de 120 metros, tanto ao se considerar o erro total, quanto ao se considerar o erro posicional planimétrico (XY) que foi menor (9,434 cm), quando comparado com o do ortomosaico de 86 metros (19,630 cm).

A escolha da altura está sempre atrelada ao valor do GSD, porém cabe ressaltar que dependendo da finalidade e que principalmente para o mapeamento de áreas urbanas mais extensas deve-se considerar que quanto menor a altura de voo, maior será a quantidade de dados obtidos em campo, e a demanda de tempo e de capacidade de processamento também será maior. Além disso, a captura de muitas imagens de uma mesma edificação fornece uma gama de opções quando falamos de seleção de cenas, porém podem ocasionar lateralidade na edificação, prejudicando a qualidade do ortomosaico.

Por fim, independente da altura de voo utilizada foi possível identificou-se a necessidade e a importância do uso dessas ferramentas para o recadastramento imobiliário, principalmente na área de estudo das 60 amostras analisadas 45 apresentaram um aumento significativo de área construída.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Drones**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones>>. Acesso em: 14 de Set. 2019.

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Existem diferenças entre drones, aeromodelos, VANT e RPA?**. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/perguntas-frequentes/drones/existem-diferencas-entre-drones-aeromodelos-vant-e-rpa>>. Acesso em: 14 de Set. 2019.

ALVES, L. R. J. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um veículo aéreo não tripulado em áreas urbanas e rurais no estado de goiás**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2015.

AMORIM, A.; PESSOA, G. G.; LEMES, I. R.; KOMAZAQUI, J. M. **Utilização de VANT para o georreferenciamento de imóveis rurais**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/303769573_Utilizacao_de_VANT_para_o_georreferenciamento_de_imoveis_rurais>. Acesso em: 10 de jun. 2020.

ANDRADE T. **Aerofotogrametria (conceito, definição, significado, o que é).** Disponível em: <<https://knoow.net/ciencterravida/geografia/aerofotogrametria/>>. Acesso em: 11 de Set. 2019.

ARANTES, B. H. T.; ARANTES, L. T.; VENTURAL, M. V. A.; COSTAL, E. M.; BESSA, M. M.; BALIZAL, L. M.; MORAES, V. H. **Uso de drones na atualização de área construída de imóveis urbanos.** Disponível em: <<https://www.scienciaplana.org.br/sp/article/view/4307>>. Acesso em: 11 de Jun. 2020.

BARROS, J. **O que é o sensoriamento remoto? conceitos e características.** Disponível em: <<https://www.geoaplicada.com/blog/sensoriamento-remoto/>>. Acesso em: 13 de Set. 2019.

BLANCO, M. **A IMPORTÂNCIA DO CADASTRO MULTIFINALITÁRIO PARA OS PEQUENOS MUNICÍPIOS.** Disponível em: <<https://marceloblancome.wordpress.com/2017/06/20/a-importancia-do-cadastro-multifinalitario-para-os-pequenos-municipios/>>. Acesso em: 10 de Jun. 2020.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO (DECEA). **Drone/RPA.** Disponível em: <<http://portal.decea.gov.br/?i=utilidades&p=rpa-drone>>. Acesso em: 13 de Set. 2019.

DRONENG. **Acurácia e Precisão no Mapeamento Aéreo com Drones.** Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/acuracia-e-precisao/>>. Acesso em: 10 de Jun. 2020.

DRONENG. **Janela de voo: o que é e como calcular?.** Disponível em: <<https://blog.droneng.com.br/o-que-e-janela-de-voo/>>. Acesso em: 29 de Jun. 2020.

DRONENG. **Para que serve o GSD?.** Disponível em: <<https://blog.droneng.com.br/gsd/>>. Acesso em: 11 de Jun. 2020.

FERNANDES, M. F. **Utilização de vant na obtenção de informações para cadastro urbano.** Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/7537?show=full>>. Acesso em: 10 de Jun. 2020.

GALVÃO, M. R. **Você sabe a diferença entre VANT, DRONE e RPAS.** Disponível em: <<https://www.drondrones.com.br/single-post/2017/01/06/Voc%C3%AA-sabe-a-diferen%C3%A7a-entre-VANT-DRONE-e-RPAS>>. Acesso em: 15 de Set. 2019.

HORUS AERONAVES. **Guia prático para drones de mapeamento.** Disponível em: <<https://horusaeronaves.com/wp-content/uploads/2017/01/GUIA-HORUS.pdf>>. Acesso em: 15 de Set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Aerofotogrametria.** Disponível em: <<https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/aerofotogrametria.html>>. Acesso em: 11 de Set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Santa Terezinha de Itaipu**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/santa-terezinha-de-itaipu/panorama>>. Acesso em 05 de Mar. 2020.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA AERONÁUTICA REMOTAMENTE CONTROLADA (ITARC) **Entenda como funciona a fotogrametria com drone**. Disponível em: <<https://itarc.org/fotogrametria-com-drone/>>. Acesso em: 11 de Set. 2019.

MACHADO, A. P. Á. **Uso de imagens de satélite sentinel-2 para delimitação de app's: estudo de caso município de Feliz-RS**. 2018. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia Agrícola, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha (IFFarroupilha, RS) e da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA, RS), Bacharel em Engenharia Agrícola, 2018. Disponível em: <<http://dspace.unipampa.edu.br:8080/bitstream/riu/3720/1/Anderson%20Patric%20%C3%81vila%20Machado%20-%202018.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2019.

MAIO, A. D.; RUDORFF, B. F. T.; MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; MOREIRA, M. A.; SAUSEN, T. M.; FLORENZANO, T. G. **Sensoriamento remoto**. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/sensoriamento_manual.pdf>. Acesso em: 13 de Set. 2019.

NICHETTI, M. E. H. **Análise geométrica de levantamento urbano utilizando imagens orbitais e veículo aéreo não tripulado**. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7976/1/DV_COENF_2016_1_10.pdf>. Acesso em: 10 de Jun. 2020.

NOVO, E. M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Edgard Bluncher, 1992. 308 p. Cap 1.

OLIVEIRA, Francisco Henrique. **Manual de Apoio – CTM: Diretrizes Para Criação, Instituição e Atualização do Cadastro Territorial Multifinalitário no Municípios Brasileiros**, Brasília, 2010.

PENA, R. F. A. **Sensoriamento remoto**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/sensoriamento-remoto.htm>>. Acesso em: 14 de Set. 2019.

WITTE, D. W. **Estudo de caso: resultados aerofotogramétricos obtidos com vant de baixo custo**. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9130/1/CT_COECI_2016_2_10.pdf>. Acesso em: 11 de Jun. 2020.