



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

BRENO OMENA LAMENHA LINS

**A UTILIZAÇÃO DO VANT (DRONE) COMO ALTERNATIVA PARA ATUALIZAÇÃO  
DE REGULARIZAÇÃO URBANA**

Rio Largo - AL

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA**

**BRENO OMENA LAMENHA LINS**

**A UTILIZAÇÃO DO VANT (DRONE) COMO ALTERNATIVA PARA ATUALIZAÇÃO  
DE REGULARIZAÇÃO URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Agrimensura,  
pelo Centro de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal de Alagoas.

Orientador: Prof. Dr Arthur C. F. Tavares

Rio Largo - AL

2019

**Catálogo na fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias**  
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

L759u Lins, Breno Omena Lamenha  
A utilização do Vant (drone) como alternativa para utilização de  
regularização urbana / Breno Omena Lamenha Lins – 2019.  
54 f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia de Agrimensura  
(Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas,  
Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.  
Orientação: Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

Inclui bibliografia

1. Regularização urbana. 2. Levantamento topográfico. 3. Vant.  
I. Título

CDU: 528



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA**

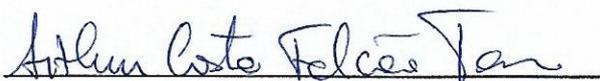
**BRENO OMENA LAMENHA LINS**

**A UTILIZAÇÃO DO VANT (DRONE) COMO ALTERNATIVA PARA ATUALIZAÇÃO  
DE REGULARIZAÇÃO URBANA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito à obtenção do título de Bacharel de Engenharia de Agrimensura, pelo centro de ciências agrárias da Universidade Federal de Alagoas, UFAL.

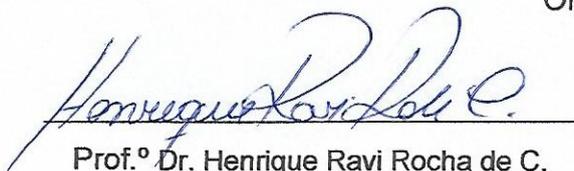
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 10/04/2019.

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof.º Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

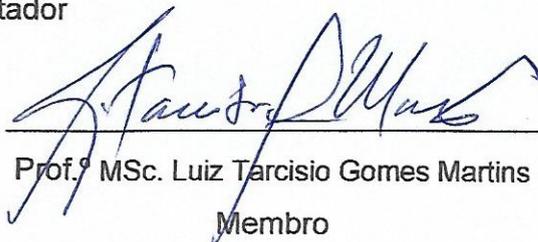
Orientador



Prof.º Dr. Henrique Ravi Rocha de C.

Almeida

Membro



Prof.º MSc. Luiz Tarcisio Gomes Martins

Membro

Rio Largo

Abril / 2019

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a minha Tia Ana  
Lamenha Lins (*in memoriam*).

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pela graça da vida, saúde e força para concretizar essa etapa da minha formação profissional.

A minha tia Ana Lamenha Lins (in memorian) por sempre acreditar na minha educação. Minha tia sempre será base estrutural do meu crescimento.

Em especial aos meus primos, Cristina Ayres, Pedro Paulo e Ana Paula, por participarem ativamente da minha educação, me dando forças e nunca me deixando fraquejar.

A minha família, meu pai Juvenal Lamenha Lins, minha mãe Maria Vanderleia Omena Ribeiro e minha irmã Jackeline Omena Lamenha Lins por todo incentivo e apoio a todo momento.

A minha noiva, Heloísa Maria Costa Santos, por todo o amor, ajuda e incentivo, sem a sua presença não seria capaz de terminar esse trabalho.

Aos meus amigos Guilherme Félix e José Augusto pela amizade e ensinamentos, que contribuíram muito para esse trabalho.

A empresa JW Topografia por contribuir cedendo os equipamentos para este trabalho.

Ao caro amigo e secretario Lódino Serbim, por toda ajuda e paciência quando eu mais precisei.

Ao meu orientador professor Arthur Tavares, por me ajudar com seus conhecimentos, e sempre me manter estimulado na execução desse trabalho.

Aos amigos acadêmicos que encontrei durante o curso, por terem compartilhado suas experiências e companheirismo ao longo da graduação. A todos meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Com o crescimento da população urbana de forma demasiada, em especificamente da área urbana da cidade de Maceio-AL, o presente trabalho visa a importancia da atualização cadastral para fins tributários, futuras obras públicas e outras projeções de gestão administrativas. Atualmente o equipamento mais tradicional para aquisição de dados topográficos é a estação total e o GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*). Com o avanço da tecnologia surge o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) ferramenta também utilizada para aquisição de dados, aliado com o sistema GNSS RTK ( que obtém medições em tempo real ) surge uma nova e promissora ferramenta de trabalho. O presente estudo traz como alternativa o VANT para futuras atualizações cadastrais, possibilitando uma melhor programação de um levantamento planialtimétrico, obtendo informações geográficas com alta precisão, maior agilidade e menor custo.

**Palavras-chave:** Regularização Urbana, utilização do VANT (drone), levantamento topográfico.

## **ABSTRACT**

With the growth of the urban population too much, especially in the urban area of the city of Maceio-AL, the present work aims at the importance of updating cadastral for tax purposes, future public works and other projections of administrative management. Currently the most traditional equipment for topographic data acquisition is the total station and GNSS (Global Navigation Satellite Systems). With the advancement of technology, the Unmanned Aerial Vehicle (VANT), a tool also used for data acquisition, together with the GNSS RTK system (which obtains real-time measurements) emerges a new and promising working tool. The present study provides as an alternative the VANT for future cadastral updates, allowing better programming of a planialtimetric survey, obtaining geographic information with high precision, greater agility and lower cost.

**Key words:** Urban Regularization, use of VANT (drone), Topographic Survey.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Levantamento de uma poligonal aberta.....	21
Figura 2:	Levantamento de uma poligonal apoiada ou enquadrada.....	21
Figura 3:	Levantamento de uma poligonal fechada.....	22
Figura 4:	Posicionamento RTK.....	24
Figura 5:	Sobreposição lateral e longitudinal as linha de voo.....	27
Figura 6:	Tipos de VANTs (Drones) e suas principais características.....	32
Figura 7:	Planta cadastral do bairro Cidade Universitária.....	35
Figura 8:	DJI FHANTOM 4 ADVANCED utilizado no levantamento.....	36
Figura 9:	Equipamento GNSS, modelo JAVAD TRIUMPH-1.....	37
Figura 10:	Planejamento do voo realizado no aplicativo PIX4D.....	38
Figura 11:	Ponto de apoio.....	39
Figura 12:	Distribuição de pontos de apoio.....	40
Figura 13:	Mapa de sobreposição de imagens.....	43
Figura 14:	Mapa dos locais da câmera e estimativas de erro.....	44
Figura 15:	Mosaico formado por 90 imagens.....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros básicos no planejamento de voo.....	38
Tabela 2: Coordenadas dos pontos de apoio, SIRGAS 2000- FUSO 25.....	40
Tabela 3: Tolerâncias utilizadas para avaliação da acurácia posicional.....	42
Tabela 4: Média de erro de localização das fotos sem pontos de controle.....	44
Tabela 5: Pontos de controle.....	46
Tabela 6: Ponto de verificação.....	46

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
CAVE	Certificação de Autorização de Voo Experimental
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DGPS	<i>Differential Global Positioning System</i>
FIG	Federação Internacional de Geômetras
GLONNAS	<i>Global Navigation Sputnik System</i> (Sistema de Navegação Global por Satélite)
GNSS	<i>Global Navigation Satellite Systems</i> (Sistemas Globais de Navegação por Satélite)
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>
GSM	<i>Global System of Mobile</i>
HTTP	<i>Hyper Text Transfer Protocol</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LTM	<i>Local Transversa de Mercator</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital do Terreno
NTRIP	Networked Transport Internet Protocol
PEC	Padrão de Exatidão Cartográfica
POE	Parâmetro de Orientação Exterior
POI	Parâmetro de Orientação Interior
RBMC	Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo
RTK	<i>Real Time Kinematic</i>
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>
UTM	<i>Universal Transversa de Mercator</i>
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO I</b>	<b>CALIBRAÇÃO DA CÂMERA</b>
<b>ANEXO II</b>	<b>MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO- MDT</b>
<b>ANEXO III</b>	<b>PROCESSAMENTO DE PARÂMETROS</b>

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Geral.....	13
1.1.2	Específicos.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	CARTOGRAFIA.....	15
2.1.1	Sistemas de Projeção.....	15
2.1.1.1	Sistema UTM (Universal Transversa de Mercator).....	15
2.1.2	Regularização Urbana.....	16
2.1.3	Cadastro Técnico.....	17
2.2	TOPOGRAFIA.....	18
2.2.1	Levantamento Topográfico.....	19
2.2.2	Poligonação.....	20
2.3	SISTEMA GNSS.....	22
2.3.1	Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real.....	23
2.4	FOTOGRAMETRIA.....	25
2.4.1	Conceito e Definição.....	25
2.4.2	Levantamento Aerofotogrametrico.....	26
2.4.3	Fototriangulação.....	27
2.4.4	Ortofotos.....	28
2.4.5	Modelo Digital do Terreno (MDT).....	29
2.4.6	Fotogrametria por meio da utilização dos VANTs.....	29
2.5	VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs).....	31
2.5.1	Tipos de VANTs.....	31
2.5.2	Autorização para o uso do Drone.....	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
3.1	ÁREA DE ESTUDO.....	35
3.2	BASE CARTOGRÁFICA.....	35
3.3	LEVANTAMENTO POR VANT.....	36
3.3.1	Características do Equipamento.....	36
3.3.2	Planejamento do Voo.....	37
3.3.3	Pontos de Apoio.....	39

3.3.4	Programa e Software.....	41
3.4	PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA- PEC.....	41
4	RESULTADOS E DISCURSSÕES.....	43
4.1	PONTOS GERADOS POR VANT .....	43
4.2	ANÁLISE DE QUALIDADE.....	46
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A base cartográfica cadastral é de suma importância para o planejamento dos municípios. A maioria apresenta falhas e muitas vezes a inexistência de uma rede de referência cadastral. Um dos principais motivos é o crescimento desordenado e a informalidade da ocupação do espaço urbano.

De acordo com Grostein (2001) *apud* Beppler (2007), com o avanço da urbanização desordenada e de forma acelerada surge o conceito de “cidade informal”, associando o fenômeno da expansão urbana ilegal ao da exclusão social. Este conceito se define como a parcela da população que não possui registro de suas propriedades, geralmente áreas periféricas de pouco valor imobiliário.

Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cartografia é um conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo como base os resultados de observações diretas ou a análise de documentação já existente, visa a elaboração de mapas, cartas e outras formas de expressões gráficas ou representações de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como sua utilização.

Na medida que a precisão dos levantamentos planialtimétricos são indispensáveis para eficácia e eficiência das fases de regularização urbana, a utilização do VANT, surge como uma excelente alternativa como auxílio no levantamento planialtimétrico. Levando em consideração sua agilidade, eficácia e custo benefício no processamento dos dados.

O levantamento topográfico consiste da obtenção de informações no campo, capazes de descrever a região da superfície terrestre a ser estudada. A partir destas informações, é gerada uma representação fiel da área de estudo e dos seus elementos constituintes (ERBA *et al.*, 2003).

Para a efetivação do processo de regularização fundiária urbana de interesse social são necessárias várias etapas, dentre elas, podemos citar o levantamento planialtimétrico, essencial para descrever as características físicas e topográficas da área. É a partir dele que será feito o detalhamento da gleba, indispensável para verificação de viabilidade da regularização (LIMA *et al.*, 2016).

Tendo em vista que são importantes elementos para obtenção e levantamentos topográficos, o drone, traz consigo a capacidade de caracterizar quantitativa e qualitativamente as feições diárias e irregulares, praticando o aerolevanteamento, uma das principais atividades da fotogrametria.

A Fotogrametria se caracteriza como sendo a criação do espaço-objeto, relacionado ao espaço tridimensional, através da utilização do espaço-imagem, que é o conjunto de imagens bidimensionais. Depois de estabelecidos os dois sistemas, um conjunto de pontos de controle do espaço-objeto são escolhidos e alocados no espaço-imagem, para formar os dados de entrada para mapear um sistema no outro (SILVA; COSTA, 2010).

Além disso, Silva e Costa (2010) destacam também acerca da Fotogrametria:

A fotogrametria pode ser dividida em a fotogrametria métrica, que envolve trabalho quantitativo, como a determinação da posição de pontos do terreno, determinação de distâncias, de diferenças de nível, áreas, volumes, entre outros e a fotogrametria interpretativa ou fotointerpretação, em que as imagens são analisadas qualitativamente, com vista à identificação de objetos.

Para Grenzdörffer (2008), aviões não tripulados equipados com GPS e câmeras digitais, os chamados VANT's tornaram-se um foco de investigação. A navegação autônoma desses veículos é realizada usando GPS com tecnologia inercial de medição e utilização de outros sensores. Somente os VANT's programáveis permitem trabalho fotogramétrico confiável de forma sistemática e um eficiente mapeamento de área de interesse.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Mostrar a viabilidade técnica e econômica do emprego de dados planialtimétricos resultantes de levantamento aerofotogramétrico utilizando um VANT, como uma alternativa para atualização da base cartográfica.

### 1.1.2 Específicos

- Obter imagens a partir de um VANT
- Georreferenciar e vetorizar imagens obtidas por um VANT;
- Realizar a análise comparativa entre a morfologia da base cartográfica da Prefeitura de Maceió-AL e o levantamento aerofotogramétrico empregando VANT.
- Verificar a acurácia planialtimétrica do levantamento aerofotogramétrico empregando VANT, através de pontos de controle pré-estabelecidos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CARTOGRAFIA

A Cartografia, que segundo Antunes (2007) relata, “é o retrato do espaço geográfico e torna implícito que sem informação espacial qualquer política de regulamentação fundiária e gestão territorial está fadada ao equívoco e à má aplicação de verbas públicas.” Em virtude de a maior parte das cidades brasileiras demonstrarem um déficit em realizar um mapeamento cartográfico convencional, surge a proposta de utilização das imagens a partir das tecnologias como fonte geradora de dados para o cadastro dos municípios (BEPPLER, 2007).

As informações coletadas por meio dessas tecnologias se tornam fundamentais para a atualização do desenvolvimento do território urbano. A partir desse banco de dados, essas informações cooperam para a regularização urbana para que a gestão urbana possa adotar as providências necessárias (BEPPLER, 2007).

Segundo OLIVEIRA (1988), para a representação da superfície da Terra, em uma superfície plana, foram criados sistemas de projeção, como forma de transferência de pontos de uma superfície, para uma posição correspondente, em outra superfície, através de métodos gráficos ou analíticos.

Sobre as coordenadas geográficas sabe-se que ao serem utilizadas suas coordenadas terrestres não é possível projetar os pontos em um plano, pois as coordenadas tratam o globo com sua esfericidade. E para a utilização de um sistema métrico plano cartesiano é necessária a utilização de um sistema de projeção. Destacando o sistema UTM (Universal Transversa de Mercator) ou pelo sistema LTM (Local Transversa de Mercator).

#### 2.1.1 Sistemas de Projeção

##### 2.1.1.1 Sistema UTM (Universal Transversa de Mercator)

Conforme Rocha (2000), a projeção UTM é uma projeção cilíndrica conforme que apresenta a propriedade de manter a forma dos objetos, embora

deforme suas dimensões. Pode ser visualizada como um cilindro, com seu eixo contido no plano equatorial, e secante à superfície de referência, da qual uma pequena parcela será projetada. Esta parcela recebe a denominação fuso UTM.

Rocha (2000) explica que na projeção, os meridianos e os paralelos interceptam-se em ângulos retos; a linha do Equador e a linha do meridiano central de cada fuso são representadas por linhas retas; os demais meridianos e paralelos são representados por linhas côncavas, em relação ao meridiano central e aos pólos. O espaçamento entre os meridianos aumenta à medida que se afastam do meridiano central. Para manter conformidade, a escala na direção Norte-Sul também é distorcida, acarretando uma escala diferente para cada ponto.

### 2.1.2 Regularização Urbana

O desenvolvimento dos centros urbanos nas cidades do Brasil passou a ser cada vez mais acelerado e feito de forma desestruturada, sem planejamento e controle prévio, dando origem a ocupações irregulares dessas áreas que se fazem presentes em todas as regiões do país. Esse desenvolvimento não planejado se deve a diversos fatores e que também é visível em áreas anteriormente rurais. Nos centros urbanos, essas regiões são ocupadas por famílias que erguem suas residências em áreas que pertencem a gestão pública ou a instituições privadas (FERREIRA; ROSALEN, 2018).

Um significativo ganho para o processo foi a publicação do Decreto 9.310, de 15 de março de 2018, que promoveu profundas alterações no sistema legal aplicado à regularização fundiária urbana abrangendo um conjunto de medidas nas áreas jurídica, ambiental, social e urbanística com a finalidade de integrar essas ocupações ao ambiente das cidades (FERREIRA; ROSALEN, 2018).

A partir de então, passou a ser necessário a atualização da regularização dessas áreas urbanas e um dos maiores desafios é o processo de georreferenciamento da área de interesse, que tem como visar, facilitar, agilizar e ampliar o conhecimento do poder público sobre estas áreas irregulares. A utilização de tecnologias passou a ser utilizada para captar imagens das áreas urbanas a serem feitos os levantamentos. As informações coletadas devem ser processadas,

obedecendo às métricas da ciência fotogramétrica, com a finalidade de geração de bases cartográficas da determinada de região. A partir da coleta desses dados, elabora-se um banco de dados com as informações necessárias para a atualização e regularização dessas áreas (NICHETTI, 2016).

Com o desenvolvimento urbano feito de forma não planejada, muitos municípios não possuem tempo para realizar o planejamento urbano, o que leva muitas vezes ao uso das áreas das cidades de forma desordenada e desproporcional. Nota-se que alguns espaços possuem registro cartorário, infraestrutura, saúde, educação, lazer; enquanto outros estão inseridos em regiões que não se incluem no cotidiano da administração dos municípios, uma vez que passam a ocupar espaços irregulares, de risco e até mesmo de preservação. Essa realidade demonstra a irregularidade desses espaços de terra, característica comum nas cidades brasileiras, acarretando em insegurança jurídica aos moradores que ocupam áreas irregulares (LARANJA; CORREA; BRITO, 2012).

Conforme Maricato (2013), grande parte das cidades é construída pelos moradores em áreas invadidas, muitas delas ambientalmente frágeis ou de loteamentos ilegais. Nesse contexto, promover de regularização fundiária urbana de interesse social, modalidade que titula os lotes das famílias de baixa renda de forma gratuita, é uma alternativa viável para incluir os assentamentos urbanos irregulares no contexto legal municipal, possibilitando a melhoria infraestrutura através do planejamento do município na destinação de recursos; impedindo as desapropriações forçadas; e permitindo adquirir recursos financiáveis para melhorias habitacionais.

Para a efetivação do processo de regularização fundiária urbana de interesse social são necessárias várias etapas, dentre elas, podemos citar o levantamento planialtimétrico, essencial para descrever as características físicas e topográficas da área. É a partir dele que será feito o detalhamento da gleba, indispensável para verificação de viabilidade regularização (MARICATO *et al.*, 2013)

### 2.1.3 Cadastro Técnico

Segundo a Federação Internacional de Geômetras – FIG, FIG (2003), cadastro é um “sistema de informações da terra, atualizado e baseado em parcelas, contendo um registro de interesses sobre a mesma”. Ainda, “contém uma descrição

geométrica de parcelas de terras ligadas a outros registros, que descrevem a natureza dos interesses e a propriedade ou o controle desses interesses e, freqüentemente, o valor das parcelas e suas benfeitorias”.

Segundo Carneiro (2003) com o início da agricultura, o homem passou a ter um relacionamento com o território, surgindo os direitos e deveres do homem em relação à terra, como a cobrança de impostos relacionados ao uso da terra. O crescimento da população associado à diminuição das terras férteis disponíveis para plantio implicou na necessidade de delimitação das terras úteis.

O cadastro técnico urbano oferece uma série de vantagens para a gestão pública e para o cidadão. Muitos fatores devem ser observados antes de qualquer tomada de decisão para se estruturar um sistema cadastral. Para isso é necessário que se usem todos os recursos humanos e materiais disponíveis para se gerar um sistema de rápido retorno. No Brasil, a atualização da cartografia cadastral normalmente é executada por empresas de levantamentos topográficos ou empresas que realizam levantamento aerofotogramétrico tradicional. Em ambos os casos o GPS (*Global Positioning System*) de alta precisão não pode faltar para o levantamento de dados a campo (BORGES, 2018).

Muitas vezes a agilidade com a qual ocorre a expansão das áreas urbanas e o uso de técnicas convencionais que não conseguem acompanhar o ritmo de crescimento das cidades, gera a desatualização das áreas das cidades, aliado ao déficit das fiscalizações, o que afeta o conhecimento dos órgãos gestores sobre as mudanças efetuadas nos imóveis, como reformas e ampliações (LIMA *et al.*, 2016).

Diante desse contexto, as novas tecnologias se fazem presentes, mais adequadas e ágeis, os VANTs contribuem para uma maior eficiência e ação dos órgãos de controle e planejamento das cidades. Podemos citar o uso de imagens obtidas a partir de plataformas Espaciais, os satélites, e imagens oriundas de drones (LIMA *et al.*, 2016).

## 2.2 TOPOGRAFIA

Segundo Blitzkow *et al* (2014), topografia é o conjunto dos princípios, técnicas e convenções utilizadas para a determinação do contorno, das dimensões e da posição relativa de pontos sobre a superfície da terra ou no seu interior (minas, túneis, galerias, etc.).

O princípio da Topografia é baseado na geometria e na trigonometria, sendo necessárias observações lineares e angulares realizadas sobre a superfície da Terra. Com base nestas medidas, calculam-se coordenadas, perfil, áreas, volumes, perímetro etc. Sendo estas grandezas representadas de forma gráfica através de mapas ou plantas. O objetivo principal é efetuar o levantamento que permita representação de uma porção da superfície terrestre em uma escala adequada levando-se em conta os ângulos, distâncias e desníveis. As operações efetuadas em campo, com o objetivo de coletar dados para a posterior representação, denominam-se levantamento topográfico (ESPARTEL, 1987).

### 2.2.1 Levantamento Topográfico

Levantamento Topográfico é o conjunto de métodos e processos que, através de observações de ângulos (horizontais e verticais) e de distâncias (horizontais, verticais e inclinadas) e com instrumental compatível à precisão pretendida, primordialmente, implanta-se e materializa-se pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas, visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994).

De acordo com Erba *et al.* (2003) o levantamento de dados de natureza científica com objetivo de realizar a representação gráfica posicional e quantitativa, não considerando o relevo, dos elementos naturais ou artificiais existentes num espaço urbano ou rural.

O Levantamento Topográfico é subdividido em Planimétrico, Altimétrico e Planialtimétrico.

✓ Levantamento Topográfico Planimétrico: é o método que leva em consideração o terreno como um plano. De acordo com Veiga *et al.* (2012), um levantamento planialtimétrico baseia-se na medição de ângulos e distâncias horizontais para obtenção da representação das dimensões horizontais da área, ou seja, quando representado em um plano cartesiano, as coordenadas requeridas são “X” e “Y”, as quais são relacionadas a uma origem pré-determinada no plano a ser definido.

✓ Levantamento Topográfico Altimétrico: levantamento que objetiva, exclusivamente, a determinação das alturas relativas a uma superfície de referência (plano local, elipsoide ou geoide), dos pontos de apoio e/ou dos pontos de detalhes, pressupondo-se o conhecimento de suas posições planimétricas, visando à representação altimétrica da superfície levantada. (ABNT, 1994). É o modelo de levantamento responsável por determinar o relevo do terreno levantado. No plano cartesiano é representado pela coordenada “Z” (VEIGA *et al.*, 2012).

✓ Levantamento Topográfico Planialtimétrico: É o método em que, em uma única representação, obtêm-se as coordenadas horizontais (X,Y) e verticais (Z) do terreno, ou seja, quando apresentada conjuntamente o levantamento planimétrico e altimétrico, tem-se uma representação tridimensional da área levantada (VEIGA *et al.*, 2012).

### 2.2.2 Poligonação

A poligonação é um dos métodos mais empregados para a determinação de coordenadas de pontos em Topografia, principalmente para a definição de pontos de apoio planimétricos. Uma poligonal consiste em uma série de linhas consecutivas onde são conhecidos os comprimentos e direções, obtidos através de medições em campo (VEIGA *et al.*, 2012).

Na realização de um levantamento, durante a fase de reconhecimento é definida no local uma poligonal de apoio para realização das medições. Podendo esta poligonal ser abertas, apoiadas ou fechadas, da maneira que melhor se adapte ao levantamento. E em seu desenvolvimento podem ser usados alguns métodos, como de caminhamento, decomposição em triângulos e o método das coordenadas retangulares.

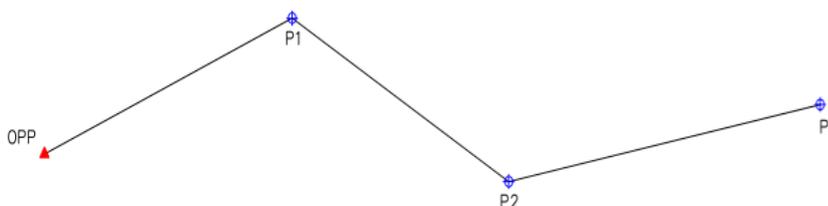
As medições concomitantes de ângulos e distâncias facilitam enormemente o uso dos métodos. Vale destacar, que a topografia utiliza o solo como seu meio de aquisição de dados, portanto, para realizar a topografia convencional, pelo método de poligonação, será necessário que uma equipe vá até o campo coletar os dados (pontos). O procedimento em campo consiste em partir de pontos da rede brasileira, pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) ou determinados por posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*) e

lançar os novos pontos realizando o caminhamento sobre o terreno, transportando as coordenadas (SILVA e SEGANTINE, 2015).

As poligonais são uma série de alinhamentos consecutivos, em que os vértices deste alinhamento são usados como apoio para detalhamento dos vários pontos compreendidos na área a ser descrita. E classificados em abertas, apoiadas e fechadas de acordo com sua geometria.

Poligonais abertas (Figura 1) são aquelas que têm início em pontos de coordenadas conhecidas e finaliza em pontos de coordenadas desconhecidas. Segundo Silva e Segantine (2015) este método é raramente empregado devido ao fato de ser totalmente desprovido de controle angular e linear.

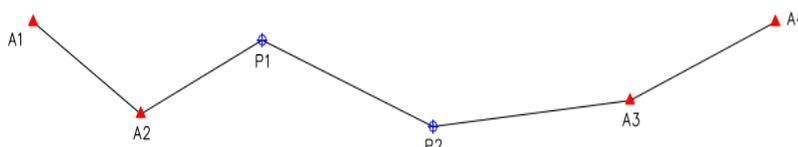
Figura 1: Levantamento de uma poligonal aberta.



Fonte: (Adaptado de Veiga *et al.*, 2012)

Poligonais apoiadas ou enquadradas (Figura 2) começam e terminam em pontos de coordenadas conhecidas. Neste tipo de poligonal, os erros angulares e lineares podem ser ajustados a partir de cálculos de compensação descritos por Veiga *et al* (2012).

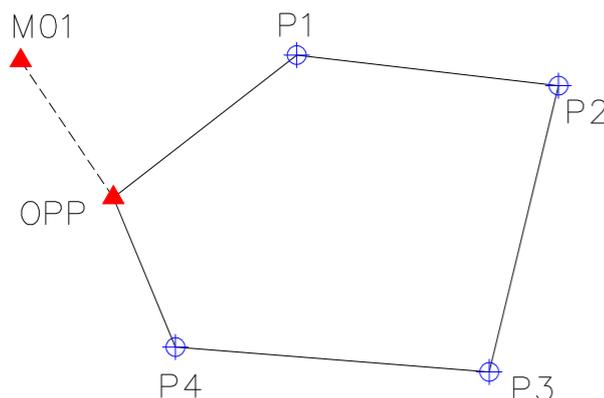
Figura 2: Levantamento de uma poligonal apoiada ou enquadrada.



Fonte: (Adaptado de Veiga *et al.*, 2012)

Poligonais fechadas são as que começam e terminam num mesmo ponto de coordenadas conhecidas (Figura 3). Os erros lineares e angulares podem ser ajustados conforme a geometria do polígono, conforme descrito por Veiga *et al* (2012).

Figura 3: Levantamento de uma poligonal fechada.



Fonte: (Adaptado de Veiga *et al.*, 2012)

Desta forma, empregando-se uma poligonal, é possível definir uma série de pontos de apoio ao levantamento topográfico, a partir dos quais serão determinadas coordenadas de outros pontos de detalhes do terreno.

### 2.3 SISTEMA GNSS

A utilização de satélites para posicionamento geodésico começou na década de 50 com o início do lançamento dos primeiros satélites na órbita terrestre. Na década de 1990 surge o termo GNSS (*Global Navigation Satellite System*) (KRUEGER, 2011), que engloba os sistemas GPS (EUA) e GLONASS (Rússia) e atualmente abrange os sistemas GALILEO (União Europeia) e COMPASS (China).

No entanto, De Azambuja (2007) salienta que a integração de GNSS com topografia são relacionados com o uso das coordenadas obtidos primeiramente por sistema cartesiano global geocêntrico (X, Y, Z) e transformadas em coordenadas geodésicas ou UTM. Posteriormente as medidas de ângulos e distâncias são obtidas vinculados aos pontos obtidos pelo levantamento.

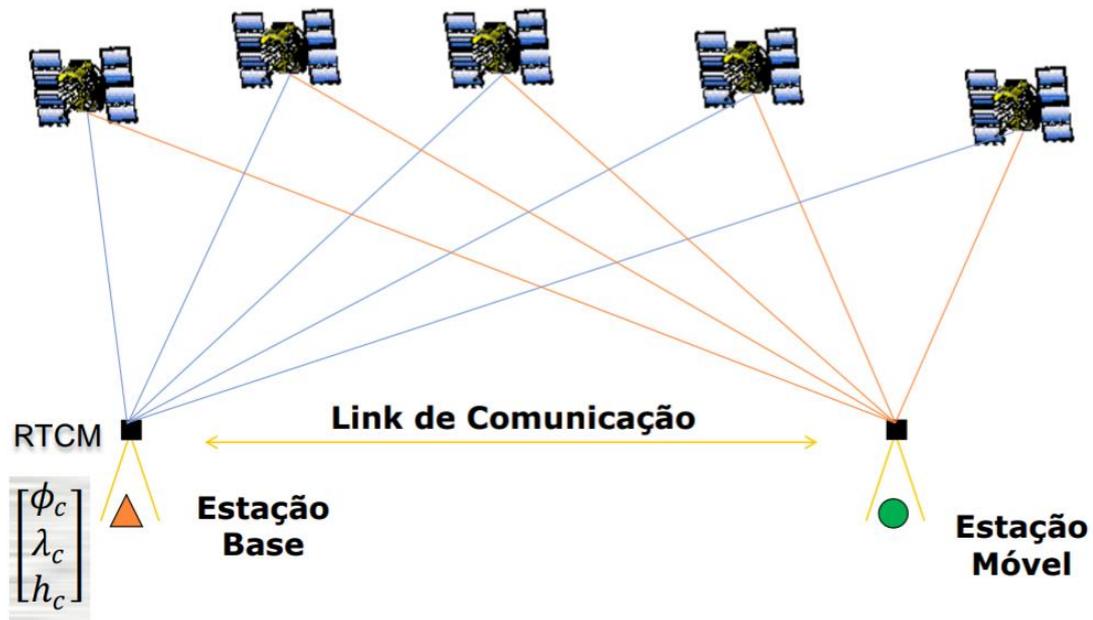
### 2.3.1 Posicionamento Relativo Cinemático em Tempo Real

A Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) teve a sua implementação no país no ano de 1996, onde ganhou destaque em virtude de sua fundamental importância nas atividades relacionadas a manutenção e a atualização da estrutura geodésica do território nacional, além de ter se tornado a primeira rede estabelecida em um país da América do Sul. As Redes de operação Contínua GNSS desenvolvem ações onde o Sistema Geodésico de Referência tem papel fundamental de concepção geocêntrica como é o SIRGAS 2000, adotado oficialmente no Brasil em 2005 (COSTA, 2008).

Atualmente, o uso dessas técnicas de posicionamento baseadas nos Sistemas Globais de Satélite de Navegação (GNSS) vêm ganhando cada vez mais espaço e o seu desenvolvimento passa a ser fundamental e ter importância no cotidiano (SILVA *et al.*, 2012).

As técnicas de posicionamento RTK (*Real Time Kinematic*) ou DGPS (*Differential Global Positioning System*) são baseadas no modo diferencial onde as correções dos sinais dos satélites GNSS são transmitidas, em tempo real, da estação de referência para uma estação onde se estabelece que sejam realizadas as coordenadas (Figura 4). É comum que as correções sejam enviadas via rádio UHF, onde são instalados, em conjunto com um receptor, em uma estação de coordenadas conhecidas, aos receptores móveis. Novas opções de coordenadas são estabelecidas constantemente para a transmissão das correções, que surgem através da Internet e o seu funcionamento *wireless* por meio da telefonia celular. O NTRIP (*Networked Transport of RTCM via internet Protocol*) é um protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) desenvolvido com o propósito de substituir o link de rádio pela conexão via Internet (SILVA *et al.*, 2012).

Figura 4: Posicionamento RTK.



Fonte: [https://ww2.ibge.gov.br/confest\\_e\\_confega/pesquisa\\_trabalhos/CD/oficinas/553-2.pdf](https://ww2.ibge.gov.br/confest_e_confega/pesquisa_trabalhos/CD/oficinas/553-2.pdf)

O RTK é uma técnica de levantamento baseada no posicionamento relativo da portadora, com precisão de poucos centímetros em tempo real. Para a realização de um levantamento RTK convencional é necessário um receptor instalado em uma estação com coordenadas conhecidas, denominado de estação de referência ou base RTK, um receptor móvel (rover), e um rádio de comunicação para enviar os dados da estação de referência RTK ao receptor móvel. O link de comunicação entre a estação de referência e o receptor móvel, desempenha um papel fundamental para o sucesso do levantamento RTK, porque as correções da estação de referência têm que chegar ao receptor móvel em tempo real. Um fator que limita a área de abrangência para a realização do RTK é o alcance da transmissão das ondas de rádio, pois se existirem obstáculos entre a referência e o receptor móvel a precisão esperada não será alcançada (COSTA, 2008).

Em virtude de haver a separação entre dois canais de rádio e desta ser estreita o sinal pode receber a interferência de outros usuários trabalhando na mesma banda de frequência reduzindo a qualidade do levantamento. A opção para ajustar o déficit é trocar o link de rádio pela comunicação via modem GSM (*Global System of Mobile*), isso torna a disponibilidade dos serviços de telefonia celular correlacionada à área de trabalho (COSTA *et al.*, 2008).

A técnica de posicionamento RTK tem inúmeras vantagens relacionadas as demais, uma vez que possui uma grande precisão e é de grande produtividade, ganhando destaque quando se compara as suas funções a técnicas mais conhecidas de topografia. As maiores limitações encontradas no levantamento RTK, encontram-se quando estão em ambientes com muita obstrução, destacando-se as áreas de mata e edifícios, além do alcance de link do rádio, que transmite as correções diferenciais (SILVA, 2012).

A utilização das bases cartográficas geradas pelo processo de coleta de dados com drones em conjunto com a base de rastreamento em solo obtido com GNSS RTK permitem análises técnicas, como mensuração de áreas, volumes e pela topografia do terreno, com alto nível de acurácia e precisão. As vantagens da utilização dos drones no desenvolvimento da infraestrutura urbana estão relacionadas, principalmente, à economia de tempo no desenvolvimento dos trabalhos, precisão dos dados que são coletados e à redução de custos comparado a metodologias tradicionais de levantamento, tornando os resultados bem mais confiáveis. Além disso, o equipamento oferece ainda a facilidade de acesso a pontos considerados de difícil alcance (NICHETTI, 2016).

## 2.4 FOTOGRAMETRIA

### 2.4.1 Conceito e Definição

A Fotogrametria é a ciência ou tecnologia de se obter informações seguras sobre objetos físicos e do meio ambiente, através de processos de registro, medição e interpretação das imagens fotográficas (FONTES, 2005).

O uso de fotogrametria como fonte de dados topográficos planimétricos e altimétricos a nível mundial, teve seu início nos meados dos anos 1950 (BLASCHKE, 1957; CARNAHAN, 1958; BELCHER, 1960; TERNRYD 1969; CANONICA, 1969).

A Fotogrametria se estende a análise de fotografias, englobando dados provenientes de sensores remotos. Esta definição também inclui duas áreas distintas com a fotogrametria (num sentido mais restrito), referindo-se aos métodos de obtenção de dados quantitativos, como coordenadas, áreas, etc., a partir dos quais são elaborados os mapas e cartas topográficas e a fotointerpretação, que

consiste em obter dados qualitativos a partir da análise das fotografias e de imagens de satélite.

Os principais aspectos de vantagens da fotogrametria são relativos à grande quantidade de informações que pode obter com a fotointerpretação, que é essencial para as fases preliminares dos projetos e estudos das possíveis variantes, mas também quando se deseja um levantamento mais rápido de grande extensão ou em áreas perigosas ou inacessíveis. Como desvantagens são apontadas a menor precisão em comparação com os levantamentos topográficos, alto custo, necessidade de condições atmosféricas propícias.

#### 2.4.2 Levantamento Aerofotogramétrico

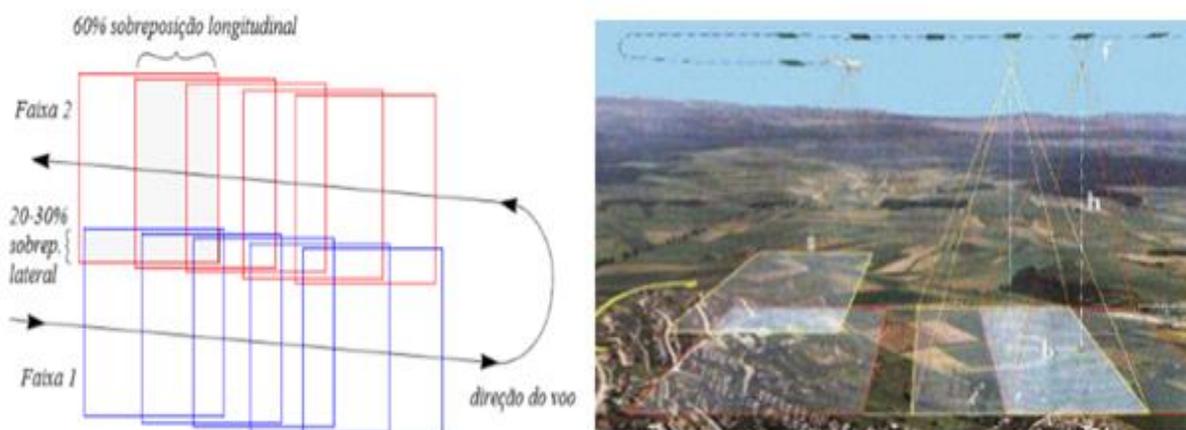
Segundo Fontes (2005), a Aerofotogrametria refere-se às operações realizadas com fotografias da superfície terrestre, obtidas por uma câmara de precisão com o eixo ótico do sistema de lentes mais próximo da vertical e montada em uma aeronave preparada especialmente. Pode-se utilizar esta técnica aerofotogramétrica nas atividades de mapeamento Cartográfico, no planejamento e desenvolvimento de área urbana, e em engenharias afins.

Segundo Paredes (1987), para um levantamento fotogramétrico completo, deve ser feita uma cuidadosa programação do voo fotogramétrico, que tem por objetivo a obtenção da cobertura aerofotográfica da área do terreno, cujo levantamento topográfico será realizado por meio da fotogrametria. A cobertura aerofotogramétrica é um conjunto de fotografias aéreas verticais tecnicamente tiradas a partir de uma aeronave, de forma a assegurar uma correta e completa representação de toda a área do terreno a ser estudado (PAREDES, 1987).

Conforme Fontes (2005), se o objetivo da cobertura é o mapeamento da região, as linhas de voo são planejadas com um espaçamento lateral tal que se obtenha uma área comum entre as faixas em torno de 20% a 30%, como mostra a Figura 5. Estas áreas comuns, resultantes da superposição entre faixas num sentido transversal à direção do voo, são denominadas de recobrimento lateral ou transversal. Cada fotografia tomada ao longo de uma linha de voo cobre uma área que se superpõe à área coberta pela fotografia anterior em aproximadamente 60% (Figura 5). Esta superposição entre as áreas fotografadas consecutivamente é denominada de recobrimento longitudinal. No caso de uma cobertura

aerofotogramétrica cuja finalidade é a obtenção de ortofotos, a taxa de recobrimento longitudinal é de 80%.

Figura 5: Sobreposição lateral e longitudinal as linhas de voo.



Fonte: (Adaptado de FONTES, 2005)

### 2.4.3 Fototriangulação

A técnica de cálculo e ajustamento das coordenadas dos centros de perspectiva e dos ângulos de atitude do sensor no momento da aquisição de cada uma das imagens fotográficas que compõem um bloco fotogramétrico, de forma a permitir a obtenção de coordenadas tridimensionais no espaço objeto (terreno) a partir do espaço imagem denomina-se Fototriangulação.

Seu maior objetivo é proporcionar coordenadas precisas para os pontos necessários para a orientação de modelos fotogramétricos para a restituição ou elaboração de ortofoto (ANDRADE, 1998).

Para obter resultados satisfatórios, deve-se dispor de dados iniciais de boa qualidade, sem, contudo, implicar dispêndios excessivos. Esses dados iniciais constituem-se, basicamente, na determinação dos pontos de controle e de verificação, parâmetros de Orientação Interior (POI), de Orientação Exterior (POE).

Os pontos de controle podem ser extraídos de cartas topográficas em escala apropriada ou por meio de levantamento em campo por topografia ou GPS, de acordo com a resolução espacial da imagem a ser corrigida (SILVA, 2000), e tem como função amarrar o bloco fotogramétrico ao terreno no método da fototriangulação. Obtidos através de referencial geodésico, para os resultados das

informações desse processo possam permitir a transferência de informações oriundas de diversas fontes. Já que os pontos de verificação e pontos de controle são obtidos da mesma forma, contudo os pontos de verificação não são empregados no processo de fototriangulação, pois são pontos que servem para verificar a acurácia (qualidade posicional) dos produtos cartográficos gerados.

Brito & Coelho Filho (2007) destacam que o planejamento da fototriangulação deve iniciar na cobertura fotogramétrica, pois é necessário conhecer o número de pontos de campo, realizar um vôo apoiado, entre outros fatores que modificam os procedimentos futuros, pois é necessário confiar que os dados para a triangulação foram obtidos com qualidade.

#### 2.4.4 Ortofotos

Ortofotos são representações cartográficas de uma região da superfície terrestre, produzidas mediante um conjunto de imagens aéreas, tomadas por avião ou satélite. Nas fotografias capturadas, ainda com deformações devido ao deslocamento do relevo, são aplicadas correções, seguindo um Modelo Digital do Terreno (MDT) para garantia da qualidade métrica da ortofoto, removendo qualquer distorção geométrica (posição e inclinação) (LIMA, 2018).

Ortofotos aéreas são produzidas através de um processo chamado retificação diferencial, que elimina deslocamentos da imagem devido à inclinação fotográfica e ao relevo (LOPES, 1987).

Segundo Campiteli, (2016 *apud* GALO 2016), o emprego de ortofotos apresenta algumas vantagens em comparação a um mapa, sendo elas:

- ✓ Um usuário pode retirar as informações desejadas, a partir da ortofoto de uma mesma área, diferente de uma ortofotocarta que já se encontra pré interpretada, sendo utilizado na maioria das vezes para uma mesma destinação;

- ✓ Os atributos geométricos da ortofoto são os mesmos de um mapa, no entanto tem qualidade pictoriais de fotos aéreas; e

- ✓ Fornece uma visão do terreno ainda mais compreensível que um mapa, com informações visuais completas fáceis de reconhecimento e identificação, auxiliando na qualidade do estudo da área.

#### 2.4.5 Modelo Digital do Terreno (MDT)

Um Modelo Digital do Terreno – MDT é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que varia continuamente no espaço, na superfície terrestre (FELGUEIRAS E CÂMARA, 2004).

Segundo Dalmolin; Santos (2003) *apud* Antunes (2007), o MDT trata dos pontos que representam o terreno, enquanto que o MNE trata dos pontos que representam as elevações contidas na superfície.

Desta forma, um MDT representaria apenas as informações referentes ao terreno que está sendo modelado e o MDE (Modelo Digital de Elevação) pode conter informações do terreno, como também de elementos existentes sobre este, como edificações, vegetações, etc.

#### 2.4.6 Fotogrametria por meio da utilização dos VANTs

O uso da fotogrametria passou a ser cada vez mais utilizada em virtude do crescimento de tecnologias o que viabilizou o mapeamento topográfico de diversos tipos de projetos, antes tido como inviáveis, atualmente passaram a ser considerados como uma realidade. Nota-se que a aplicação da fotogrametria permite que sejam extraídos elementos geográficos específicos para as mais diversas aplicações (LARANJA; CORREA; BRITO, 2012)

Tommaselli (2009) destaca que a fotogrametria se mostra vantajosa, possuindo uma gama variada de funções e finalidades, uma vez a área ou objeto a ser mensurada não é tocado, “a quantidade de informações semânticas e geométricas é elevada, superfícies de difícil acesso podem ser determinadas, a precisão se adequa às especificações do projeto.” A fotogrametria aérea, permite que sejam realizadas fotografias do espaço, obtidas através de uma câmera instalada no VANTs.

Desse modo, a celeridade e precisão dos levantamentos planialtimétricos são imprescindíveis para o desempenho eficaz e eficiente das demais fases do processo regularização fundiária. Assim, os VANTs, conhecidos como drones, passam a ser estratégias importantes para o a avaliação e levantamento para a categorização quantitativa dos espaços urbanos ainda irregulares, tendo como uma das atividades a aerofotogrametria (MARICATO *et al.*, 2013).

Os principais aspectos de vantagens da fotogrametria são relativos a grande quantidade de informações que pode obter com a fotointerpretação, essencial para as fases preliminares dos projetos e estudos das possíveis variantes, mas também quando se deseja um levantamento mais rápido de grande extensão ou em áreas perigosas ou inacessíveis (SILVA e COSTA, 2010).

É fundamental que as informações contidas nos cadastrados da gestão pública, nas regiões urbanas sejam georreferenciadas e atualizadas. E a partir da evolução das geotecnologias, a disponibilidade de acesso aos equipamentos como VANTs, bem como a necessidade crescente de mapeamento das áreas urbanas e visam alternativas para realizar o mapeamento para atualização dos espaços urbanos e rurais de forma ágil e com baixo custo, prezando pela qualidade (SILVA, 2007).

Para a aquisição de tais informações, diferentes metodologias são empregadas, podendo elas ser diretas como a Topografia e Geodésia, e indiretas como a Fotogrametria e o Sensoriamento Remoto. Sobre os métodos diretos, a Geodésia é uma ciência que estuda as formas e as dimensões do planeta, bem como a determinação do campo gravitacional e da superfície oceânica. Já a Topografia, que muitas vezes é confundida com a Geodésia por se utilizar dos mesmos equipamentos, tem por finalidade mapear uma pequena parte dessa superfície, não levando em consideração as deformações sofridas pela esfericidade do globo (BRANDALIZE, 2000).

Estudos ambientais, monitoramento de obras, mapeamento de pequenas áreas, cálculos de volumes de mineração e pátio de estocagem de madeiras são algumas das aplicações possíveis. As principais dificuldades encontradas para o uso dos VANTs são as restrições legais sobre seu uso, as quais ainda estão em discussão, e a qualidade das informações em termos de precisão planialtimétricas obtidas (SILVA *et al*, 2014).

Segundo Tommaselli (2009) a utilização de drones permite que se verifique áreas de riscos, especificação dos elementos visíveis, configuração espacial e, conseqüentemente permite a execução do levantamento planialtimétrico de forma mais rápida em assentamentos irregulares para que famílias de baixa renda sejam beneficiadas com a titulação de seus lotes, o que ocasiona amplitude

dos direitos sociais e qualidade de vida, uma vez que a equipe terá condições de planejar as metodologias de execução do levantamento a partir das especificações identificadas por meio do drone, que registra detalhes da área por meio da fotogrametria.

## 2.5 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs)

VANTs são veículos aéreos não tripulados, motorizados e reutilizáveis que podem voar autonomamente, semi autonomamente ou manualmente, conduzidos por um piloto, a partir do solo, usando um controle remoto (EISENBEISS, 2009).

Tanto as imagens orbitais quanto as imagens oriundas de VANT podem ser aplicadas em levantamentos urbanos. No entanto os VANTs aplicam-se com grande superioridade na análise de pequenos e médios objetos urbanos devido a sua resolução espacial. Os VANTs aplicam-se com grandes benefícios para levantamentos urbanos, visto que a sua facilidade de atualização da imagem (resolução temporal) e seu baixo custo comparado a uma imagem orbital, aliados a qualidade geométrica (resolução espacial) da imagem correspondem às expectativas desses levantamentos. E os pontos negativos da utilização dos VANTs fica a cargo do pós processamento, que requer devido ao tamanho do arquivo gerado, o uso de um hardware mais robusto para o processamento de dados (LIMA *et al.*, 2016).

### 2.5.1 Tipos de VANTs

Os vants se dividem em duas conformações principais: multirrotores e de asa fixa (Figura 6). Geralmente, os de asa fixa apresentam maior autonomia de voo, por conta da sustentação da plataforma conferida pelas asas e por necessitarem de menor energia para se manter no ar, enquanto os multirrotores decolam verticalmente e possuem maior facilidade em sobrevoar áreas mais restritas espacialmente (BORGES *et al.*, 2018).

Figura 6: Tipos de VANTs (Drones) e suas principais características.



(Fonte: <https://horusaeronaves.com/quanto-devo-cobrar-por-um-servico-com-drone/>)

Quanto aos aspectos do planejamento e execução de obras de engenharia, destacam-se múltiplas aplicações, onde nos dias de hoje alguns órgãos governamentais faz a aplicação de drones multirrotores em virtude de seu baixo custo para a geração de banco de dados para monitoramento de áreas urbanas e execução de obras (BORGES *et al.*, 2018).

Além da aplicação direta na regularização fundiária de interesse social, os drones podem ser utilizados como ferramentas de controle e gestão municipal, das áreas regulares e irregulares, permitindo investigação de áreas propensas a alagamentos, desmoronamentos, que não atendem especificações de faixas de domínios e localizadas em áreas de preservação permanente, como também da detecção da evolução e deficiência de infraestrutura das cidades (SILVA; COSTA, 2010).

Diante disso, a aplicação dos novos recursos tecnológicos que favorecem para uma regularização fundiária das áreas urbanas de modo mais ágil, que se faz a partir de resultados pautados no processo inicial de coleta de dados e que geram menores custos para a atualização destas áreas VANTs (LIMA *et al.*, 2016).

As informações capturadas pelos drones são utilizadas para formar uma fotografia de tamanho maior e atualizada da região solicitada, formando um mosaico de ortofoto, que possui uma alta resolução espacial GSD (*Ground Sample Distance*),

possibilitando a realização de análise criteriosa de caráter centimétrica (SILVA, 2007).

Com isso, essas informações passam a ser utilizadas pela equipe de regularização urbana para construir o memorial descritivo, que estabelece os limites atuais do loteamento, por meio do banco de dados, que possui informações acerca das medidas do imóvel, a sua localização espacial, identificação dos confrontantes, bem como o tamanho correto de cada escritura a ser regularizada. Após essa coleta de informações e elaboração das plantas cadastrais, os dados são direcionados ao Cartório de Registro de Imóveis regional, que irá gerar o número de matrículas individuais de cada imóvel (SILVA, 2007).

### 2.5.2 Autorização para o uso do VANT (drone)

O termo “drone” é uma expressão genérica utilizada para descrever desde pequenos multirrotores rádio-controlados comprados em lojas de brinquedo, até VANTs de aplicação militar, autônomos ou não. Por este motivo, o termo não é utilizado na regulação técnica da ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). São chamados aeromodelos os equipamentos de uso recreativo, enquanto os VANT são aqueles empregados em finalidades não recreativas. O termo Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) denota um subgrupo de VANT destinado à operação remotamente pilotada (FERREIRA; ROSALEN, 2018 apud ANAC, 2015).

Só possui permissão para operar um drone aquele que tiver de posse de uma autorização expressa da ANAC (ou um Certificado de Autorização de Voo Experimental - CAVE) emitido segundo a IS nº 21-002A. O CAVE é uma autorização que permite o uso de aeronaves experimentais. Atualmente, o procedimento para que uma aeronave receba o CAVE segue o que dispõe a Instrução Suplementar nº 21-002A, intitulada “Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Veículos Aéreos Não Tripulados” (FERREIRA; ROSALEN, 2018).

Esse certificado de autorização, só permite a sua utilização em regiões que não tenham uma alta concentração de pessoas, não permite operações com fins lucrativos e nem a sua operação em áreas urbanas. Atualmente, só é permitido o voo de VANTs em regiões urbanas que visem à aplicação de pesquisas e para o desenvolvimento e treinamento de pilotos. A autorização da ANAC é fundamental

para a utilização de drones, porém não é suficiente, para a operação desses equipamentos, uma vez que também existem permissões a serem concedidas pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) (FERREIRA; ROSALEN, 2018 apud ANAC, 2015).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

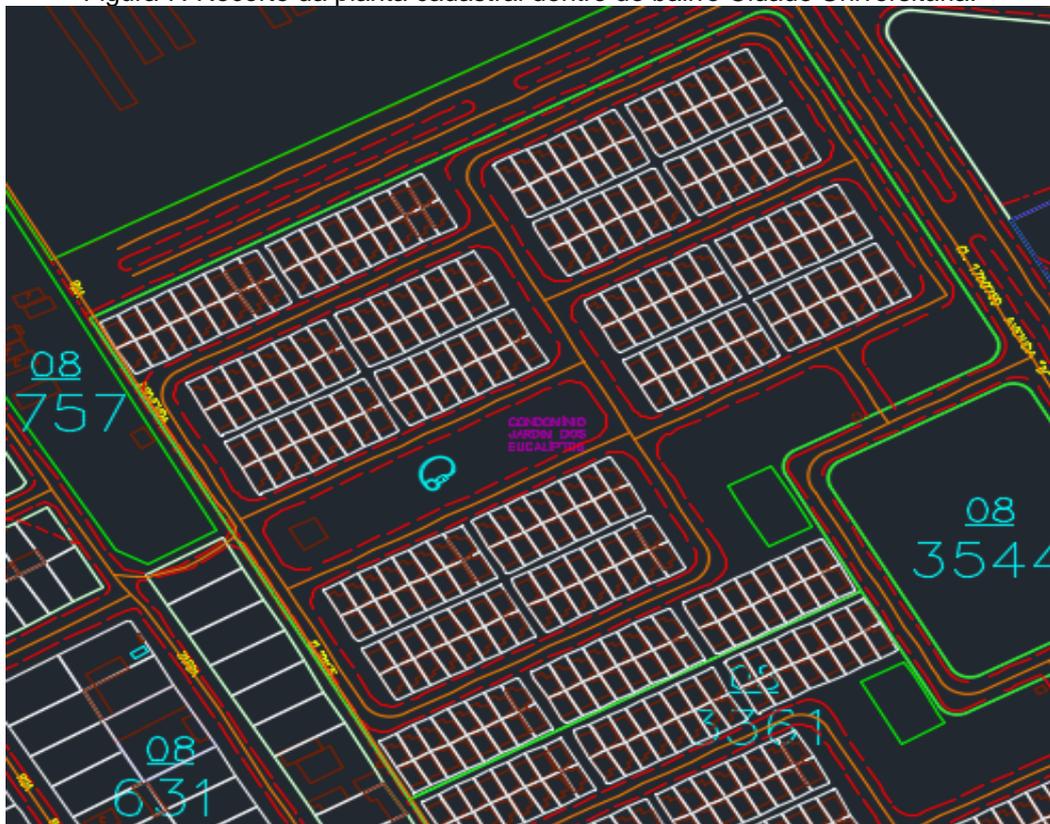
A coleta de dados foi realizada no Condomínio Jardim dos Eucaliptos situado na área urbana da cidade de Maceió - Alagoas.

Para a escolha da área em questão levou-se em consideração o fator da mesma apresentar grande expansão imobiliária na região e pela necessidade de atualização e regularização frente a Prefeitura Municipal.

#### 3.2 BASE CARTOGRÁFICA

O levantamento cartográfico cadastral foi cedido pela Prefeitura Municipal de Maceió através da planta cadastral da base cartográfica do bairro Cidade Universitária (2016), planta esta que é utilizada para atualização cadastral da cidade, conforme Figura 7.

Figura 7: Recorte da planta cadastral dentro do bairro Cidade Universitária.



Fonte: Prefeitura Municipal de Maceió-AL (2016)

### 3.3 LEVANTAMENTO POR VANT

#### 3.3.1 Características do Equipamento

De acordo com o fabricante, o DJI Phantom 4 Advanced (Figura 8) possui as seguintes características:

- ✓ Peso (Incluindo bateria e hélices): 1368 gramas;
- ✓ Câmera de 20 MP;
- ✓ Tempo de voo aproximado: 30 min;
- ✓ Rádio com distância máxima de transmissão de 7 km;
- ✓ Bateria: LiPo 4S 5870 mAh

Figura 8 - DJI PHANTOM 4 ADVANCED utilizado no levantamento.



Fonte: Autor

Especificação do receptor GNSS RTK utilizado no levantamento, modelo JAVAD TRIUMPH-1 (Figura 9):

- ✓ Precisão Horizontal: 1,0 cm + 1,0 ppm
- ✓ Precisão Vertical: 1,5 cm + 1,0 ppm
- ✓ Conexão Via: Internet / GSM
- ✓ Protocolo: NTRIP.

Figura 9: Equipamento GNSS, modelo JAVAD TRIUMPH-1.

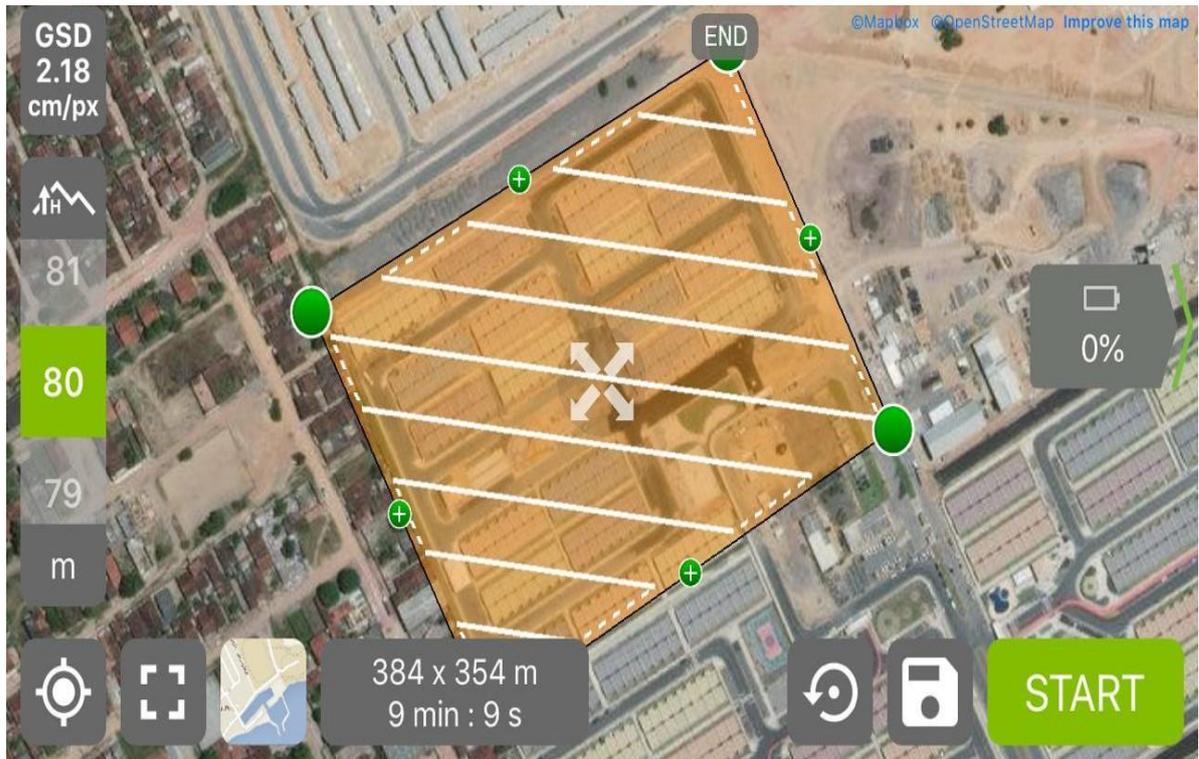


Fonte: Autor

### 3.3.2 Planejamento do Voo

O planejamento de voo foi realizado no aplicativo PIX4D disponível para sistema IOS e Android. Esse aplicativo permite o usuário planejar o voo, tendo em vista as seguintes informações: altitude do voo, velocidade, tempo de voo, captura das fotos, sobreposição das imagens, entre outros parâmetros (Figura 10).

Figura 10 - Planejamento do voo realizado



Fonte: Aplicativo PIX4D.

Na tabela 1 são apresentados os parâmetros básicos usados para o planejamento de voo.

TABELA 1 – Parâmetros básicos no planejamento de voo.

Parâmetro	Voo 1
Velocidade	10 m/s
Tempo de voo estimado	9min, 9s
Altitude	80 m
Percurso	384 x 354 m
Linhas de Voo	9
Recobrimento Lateral	80%
Recobrimento Longitudinal	70%

FONTE: Programa PIX4D.

### 3.3.3 Pontos de Apoio

Os pontos de apoio são pontos foto identificáveis inseridos ao longo da área de estudo que irão aparecer nas imagens aéreas. Esses pontos são utilizados para relacionar o sistema de coordenadas da imagem com o sistema de coordenadas do terreno, com o objetivo de no processamento das imagens aumentar a qualidade dos produtos finais gerados (Figura 11).

Figura 11: Ponto de Apoio.



Fonte: Autor

Foram implantados quatro pontos de apoio aleatoriamente na área de estudo (Figura 12). Esses pontos (Tabela 2) foram georreferenciados com receptores GNSS modelo JAVAD TRIUMPH 1. Os pontos foram processados no software POSIÇÃO e corrigidos com dados fornecidos pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Figura 12 – Distribuição de pontos de apoio.



Fonte: Software Agisoft Photoscan.

Tabela 2 – Coordenadas dos pontos de apoio, SIRGAS 2000- FUSO 25.

<b>COORDENADAS GEOMÉTRICAS</b>			
<b>PONTO</b>	<b>ESTE (E) (m)</b>	<b>NORTE (N) (m)</b>	<b>COTA (Z) (m)</b>
<b>P1</b>	194460,126	8945289,279	100,783
<b>P3</b>	194505,139	8945126,578	100,930
<b>P4</b>	194531,392	8945140,941	100,441

Fonte: Autor

### 3.3.4 Programa e Software

O levantamento aerofotogramétrico apresenta etapas bem definidas e específicas que necessitam da utilização de programas especializados que viabilizassem a execução das etapas:

- ✓ Agisoft Photoscan: Este programa realiza processamento fotogramétrico de imagens digitais e gera dados espaciais em 3D, resulta em um sistema de processamento automatizado inteligente. Profissionais da fotogrametria têm controle completo sobre a precisão dos resultados gerados.
- ✓ AutoCad Civil 3D: É um software voltado para elaboração e análise de projetos em diversos ramos da engenharia. Possui todas as funcionalidades do AutoCAD e uma gama de ferramentas exclusivas que permite o desenvolvimento de plantas planialtimétricas e apresentando um produto final do levantamento.

### 3.4 PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA – PEC

A qualidade de um mapa deve ser garantida por leis e normas específicas que apresentem os parâmetros mínimos de qualidade. No caso do Brasil, as normas que norteiam a produção e a análise de qualidade posicional de produtos cartográficos podem ser encontradas no Decreto Lei nº 89.817, de 20 de junho de 1984, publicado no Diário Oficial da União de 22 de junho de 1984. Para um entendimento do assunto torna-se necessário ter uma boa definição dos termos precisão, exatidão e acurácia cartográfica (ZANETTI, 2017).

Inserido no Decreto 89.817 há também padrões que regulamentam e classificam os documentos cartográficos quanto à sua qualidade geométrica e de acordo com Cintra e Nero (2005) *apud* Zanetti (2017) independentemente de o produto ser analógico ou digital, sua validação pelo Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) é a mesma. O padrão brasileiro de acurácia posicional para dados espaciais é definido pelo Decreto-lei nº 89.817 de 1984, de acordo com as tolerâncias definidas no “Padrão de Exatidão Cartográfica” (PEC) e “Erro-Padrão” (EP), onde seus valores são definidos em função da escala de avaliação dos dados espaciais e das classes A, B ou C, definidas por esse Decreto- lei. Em 2010, a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG) publicou as Especificações Técnicas de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET- ADGV), documento este ligado à Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) criada em 2008 pelo Decreto-lei nº 6.666. Em um de seus itens, a ET-ADGV explica como deve ser a aplicação do Decreto-lei nº 89.817 e cria uma classe mais restritiva destinadas para produtos cartográficos digitais (PEC-PCD). A Tabela 3 apresenta as tolerâncias utilizadas na

avaliação da acurácia posicional utilizando o padrão descrito no Decreto-lei 89.817/ET-ADGV.

Tabela 3: Tolerâncias utilizadas para avaliação da acurácia posicional.

Classe (PEC)	Classe (PEC-PCD)	Planimetria		Altimetria	
		PEC(m)	EP(m)	PEC	EP
-	A	0,28*esc	0,17*esc	0,27 eq	0,17*eq
A	B	0,5*esc	0,3*esc	1/2*eq	1/3*eq
B	C	0,8*esc	0,5*esc	3/5*eq	2/5*eq
C	D	1*ecs	0,6*esc	3/4*eq	1/2*eq

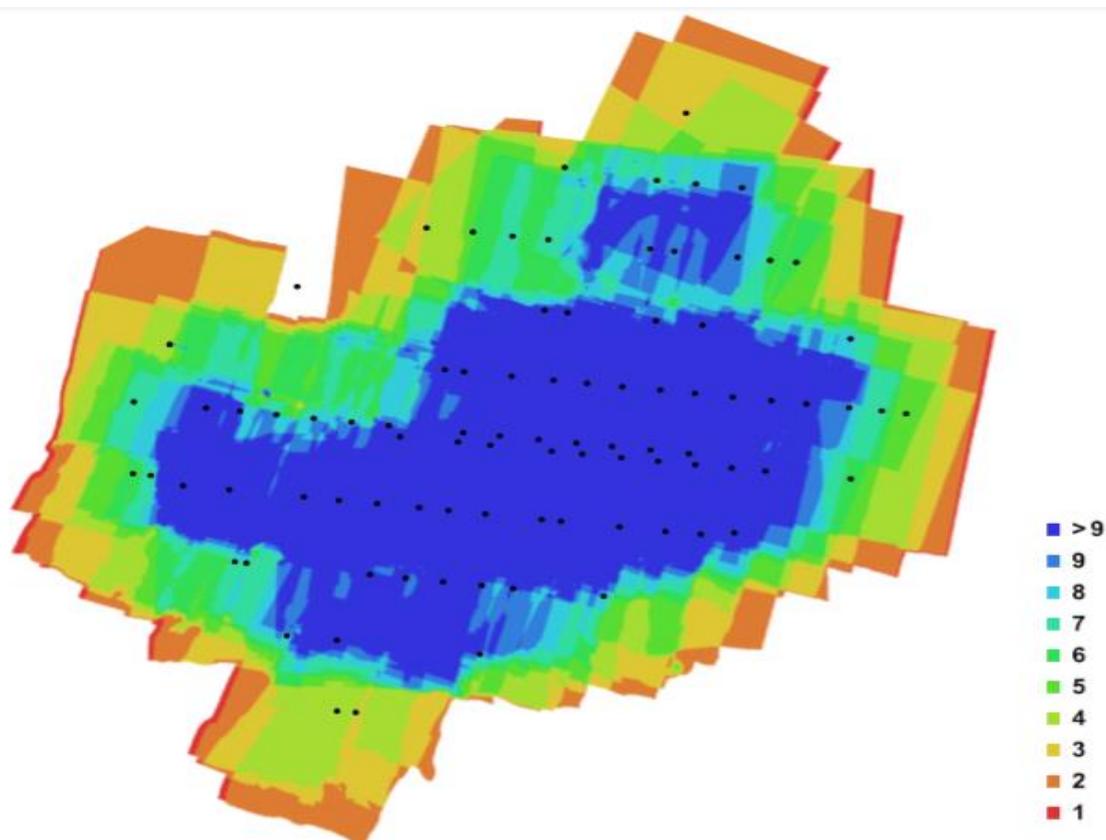
Fonte: Decreto-lei 89.817/ ET-ADGV *apud* Zanetti (2017)

## 4. RESULTADOS E DISCURSSÕES

### 4.1 PRODUTOS GERADOS POR VANT

Quanto maior a sobreposição de fotos em um mesmo lugar, melhor a criação do MDS (Modelo Digital de Superfície) e posteriormente o MDT. A Figura 13 mostra as regiões de maiores sobreposições de imagens.

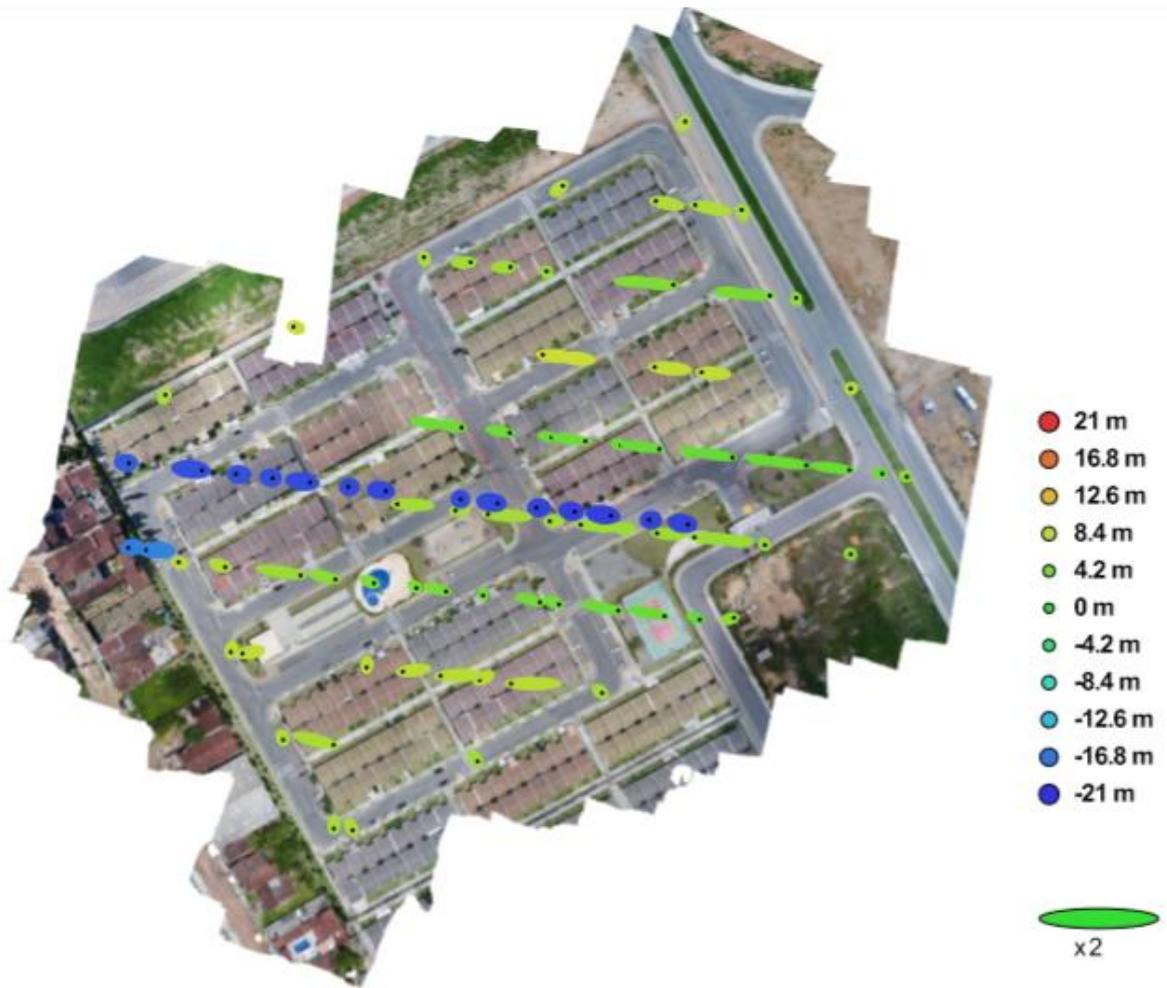
Figura 13: Mapa de sobreposição de imagens.



Fonte: Autor

O VANT possui um receptor GPS para sua navegação, entretanto não é de alta precisão e não sendo possível fazer o pós-processamento dos dados. O erro do deslocamento de cada imagem, como mostra a Figura 14, é calculado pelo software com referência nos pontos de controle.

Figura 14: Mapa dos locais da câmera e estimativas de erro.



Fonte: Autor

O erro em altitude é representado pela cor. Os erros X e Y são representados pela forma da elipse. Observa-se que a precisão do GPS do VANT é de baixa precisão, isso é corrigido pelos pontos de controle distribuídos na área do levantamento. A média do erro, sem a correção pelos pontos de controle é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Média de erro de localização das fotos sem pontos de controle.

X erro (m)	Y erro (m)	XY erro (m)	Z erro (m)	Total erro
4,20652	0,700918	4,26452	9,95038	10,8257

Fonte: Autor

Figura 15: Ortofotomosaico formado por 90 imagens.



Fonte: Autor.

Produto gerado pelo processo de moiscagem de várias ortofotos. Esse processo é realizado através de pontos entre duas ou mais imagens sobrepostas entre si (Figura 15).

Entre várias vantagens de usar mosaicos de ortofotos, destacam-se a possibilidade de realizar medições diretas de distâncias, áreas e ângulos, já que possui grande quantidade de informações facilitando a interpretação dos dados. Suas aplicações estão em diversas áreas entre elas projetos de estradas, cadastro urbano, atualização cartográfica, entre outros. O uso dessa ferramenta tornou-se muito útil para acelerar tomadas de decisão em campo.

## 4.2 ANÁLISE DE QUALIDADE

Analisando a tabela 5 retirada do relatório de processamento, o erro de apontamento é 0,165 pixel o que torna o resultado excelente. Nas precisões dos pontos de controle ficaram um total de 0,003 cm, que é considerado um bom erro próximo ao GSD final 2,33 cm/pix, o que torna o resultado também excelente.

Tabela 5: Pontos de Controle

<b>RÓTULO</b>	<b>XY ERRO (cm)</b>	<b>Z ERRO (cm)</b>	<b>ERRO (cm)</b>	<b>PROJEÇÕES</b>	<b>ERRO (pix)</b>
<b>P1</b>	0,0015634	-0,00114592	0,00193839	5	0,052
<b>P3</b>	0,00226559	-0,00202927	0,00383984	11	0,196
<b>TOTAL</b>	<b>0,00226559</b>	<b>0,00202927</b>	<b>0,00304152</b>		<b>0,165</b>

Fonte: Autor

Os pontos de verificação são os indicadores de qualidade do projeto, cuja sua função é controlar a qualidade da aerotriangulação mediante o calculo da discrepância entre a coordenada estimada (aerotriangulada) e a coordenada conhecida (determinada pelo levantamento de campo), conforme a tabela abaixo o resultado final obtido foi de 5,20 cm considerado um ótimo erro próximo do projeto.

Tabela 6: Ponto de Verificação

<b>RÓTULO</b>	<b>XY ERRO (cm)</b>	<b>Z ERRO (cm)</b>	<b>ERRO (cm)</b>	<b>PROJEÇÕES</b>	<b>ERRO (pix)</b>
<b>P4</b>	0,871718	5,13262	5,20612	8	0,196
<b>TOTAL</b>	<b>0,871718</b>	<b>5,13262</b>	<b>5,20612</b>		<b>0,196</b>

Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÃO

Toda tecnologia possui pontos positivos, negativos e suas limitações. Este estudo analisou a qualidade cartográfica do veículo não tripulado (drone) como possível ferramenta de atualização cadastral.

Analisando métodos de levantamento, verificando padrões de produtividade e precisão, tempo de execução, disponibilidade de pessoal, custo financeiro, todos de forma comparativa. Percebe-se que embora a utilização do drone no caso de cadastro urbano ainda esteja restrito, ele dispõe de todo um aparato em relação a precisão e acurácia do método. Verificando a quantidade de dados, a fotogrametria apresenta um melhor detalhamento do terreno.

No entanto não se objetiva analisar o método mais eficaz, todos têm suas aplicações e são eficientes no que se propõe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, CM. **Aplicação dos Sistemas de Sensoriamento Remoto por Imagens e o Planejamento Urbano Regional**. USJT, p .88-122, 2006.

ALMEIDA, IC. abud Grenzdörffer. **Estudo Sobre o Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para Mapeamento Aéreo com Fins de Elaboração de Projetos Viários**. Projeto Final de Curso de Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco- UCPE, Pernambuco, Brasil, 2014.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998.

ANTUNES, A. F. B. **Cadastro Técnico Urbano e Rural**. Curso de Engenharia Cartográfica, 2007.

ANTUNES, A. F. B. **Modelagem Digital do Terreno**. Geoprocessamento: Geração de Dados 3D. Geoprocessamento, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.133, Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro. 1994.

BELCHER, D. J (ed). **Manual of Photographic Interpretation**. Washington: American Society of Photogrammetry. 868 p. 1960.

BEPPLER, M. **Atualização de bases cadastrais, em áreas de ocupações irregulares, a partir de imagens de alta resolução espacial**. Dissertação de mestrado em ciências geodésicas. UFPR, Curitiba, 2007. Editora da UFPR.

BLASCHKE, W. **Experiencias Práticas del Empleo de la Fotogrametria em la LLConstruccion de Autopistas**. Strasse und Autobahn. V. 9 p. 305-309. 1957.

BORGES, RO *et al.* **Utilização de drones de pequeno porte como alternativa de baixo custo para caracterização topográfica da infraestrutura de transportes no Brasil**. Dissertação - UFT, Rio Sono, Tocantins, 2018.

BRANDALIZE, A.A. **Globos Digitais**. 2000. Disponível em:< <http://www.esteio.com.br>>

**BRASIL**. Decreto nº 89.817 de 30 de março de 1983. Normas para o Controle de Qualidade de Documentos Cartográficos. **Brasília, Diário Oficial da União, 1984**.

BRITO, J. L. N.campiteli S.; COELHO FILHO, L. C. T. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2007.

CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem Numérica do Terreno**. Disponível em: < <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf> >.

CAMPITELI, M. **Mosaico de Ortofotos: o que você precisa saber**. 2016, Disponível em: <<http://blog.droneng.com.br/mosaico-de-ortofotos/>>.

CANONICA, A. **Fotogrametria e Cálculo Eletroctronico nos Projetos de Vias de Comunicação**. Lisboa: Separata do Boletim da Ordem dos Engenheiros. 1963.

CARNAHAN, C.E. **Photogrammetry and Road Locations in the U.S. Forest Service. Photogrammetric Engineering**. 404-410. junho, 1958.

CARNEIRO, A. F. T. **Cadastro Imobiliário e Registro de Imóveis**, Porto Alegre: safE, 2003.

COSTA, SMA *et al.* RBMC em tempo real, via NTRIP, e seus benefícios nos levantamentos RTK e DGPS. **Simpósio Brasileiro De Ciências Geodésicas E Tecnologias Da Geoinformação**, v. 2, p. 8-11, 2008.

DE AZAMBUJA, José Luiz Fay; MATSUOKA, Marcelo Tomio. **Topografia e GPS–conquistas e desafios**. SÉRIE EM GEOMÁTICA, 2007, p. 13.

EISENBEISS, H. **UAV Photogrammetry**. Doctor of sciences, University of Technology Dresden, Germany, 2009.

ERBA, D. A. *et al.* **Topografia para Estudantes de Arquitetura, Engenharia e Geologia**. 1.ed. [S.l.]: Unisinos, 2003.

ESPARTEL, L. **Curso de topografia 9ª ed.** Rio de Janeiro, Globo, 1987.

FELGUEIRAS, C.A., CÂMARA, G. **Modelagem Numérica do Terreno – MNT**. In: Introdução à Ciência da Geoinformação. Editado por Gilberto Câmara, Antônio Miguel Monteiro, José Simeão de Medeiros. São José dos Campos, INPE, 2004.

FERREIRA, SP; ROSALEN, DL. **Elaboração de Projetos de Terraplenagem a partir de Recobrimento Aéreo Realizado por Aeronave Remotamente Tripulada**. REGENT: Revista Eletrônica de Gestão, Engenharia e Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Piracicaba, v. 3, n. 1, 2018.

FEDERAÇÃO INTERNACIONAL DE GEÔMETRAS – FIG. **Statement of the Cadastre**. Disponível em: < [http:// www.fig.net](http://www.fig.net)>

FONTES, L. C. A. de A. **Fundamentos de Aerofotogrametria Aplicada à Topografia**. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica. Salvador – BA, 2005.

GRENZDÖRFFER, G.; ENGEL, A. **Eine vergleichende Untersuchung von zwei MicroUAV's - Perspektiven für die aktuelle und kostengünstige Geoinformationsgewinnung**, In: GIS, 1/2008, 17-25. 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Informações sobre geociências: Cartografia**. <  
[https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario\\_cartografico.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/glossario/glossario_cartografico.shtm) >

KRUEGER, C.T.; GNSS – **Parte IX (1/46). Laboratório de Geodésia Especial e Hidrografia. Universidade Federal do Paraná.** 2011. 46p. Disponível em <[http://www.lage.ufpr.br/downloads/levgeod2/Parte7\\_GNSS.pdf](http://www.lage.ufpr.br/downloads/levgeod2/Parte7_GNSS.pdf)>.

LARANJA, RM; CORREA, NCS; BRITO, JLNS. **Mapeamento Fotogramétrico Digital: Um Estudo Comparativo da Bacia Hidrográfica do Rio Piabanha Nos Ambientes E-Foto e LPS.** In: IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE, mai, 2012.

LIMA, DF *et al.* **Utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social.** In: Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Foz do Iguaçu-PR, Brasil; p. 1-5, 2016.

LOPES, J. A. **Ortofoto.** In: Desenvolvimento e Tecnologia, Rio de Janeiro- RJ; jan/mar., 1987.

MARICATO, E *et al.* **Cidades Rebeldes: Passe livre e as manifestações que tomaram conta do Brasil.** São Paulo: Boitempo Editorial, 2013.

NICHETTI, MEH. **Análise Geométrica de Levantamento Urbano Utilizando Imagens Orbitais e Veículo Aéreo Não Tripulado.** Dissertação apresentada ao Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Dois Vizinhos, Paraná, 2016.

OLIVEIRA, Cêurio de. **Curso de Cartografia Moderna.** Rio de Janeiro- RJ, IBGE, 1988.

PAREDES, E. A. **Introdução à aerofotogrametria para engenheiros.** Maringá, PR, 1987.

PIX4D. **Pix4d Training. Apresentação PPT.** 2013a. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/uav.pix4d.com/examples/training/Pix4D+training.pdf>.

ROCHA, Cezar Henrique Barra. **Geoprocessamento: Tecnologia Transdisciplinar.** Juiz de Fora – MG, Ed. do autor, 2000.

SANTOS, MST *et al.* **Geração e análise estatística de modelo digital de elevação (MDE) com dados de GPS em tempo real (GPS/RTK).** Estudos Geológicos, v. 18, n. 1, p. 94, 2008.

SILVA, D., C.; Costa, G., C. **Aerofotogrametria em Projetos de Estradas.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE, jul-2010.

SILVA, DC *et al.* **Qualidade de ortomosaicos de imagens de vant processados com os Softwares APS, PIX4D E PHOTOSCAN.** V Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 12- 14 de Nov de 2014.

SILVA, GP *et al.* Levantamento geodésico GNSS-RTK para o mapeamento da Linha de Costa. **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, p.02-10, 2012.

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia: Teoria e prática de geomática**. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015. 412 p.

SILVA, Marta Pereira da *et al.* **Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo**. Revista brasileira de Botânica, v. 23, n. 2, p. 143-152, 2000.

SILVA, RR. **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário**. 2007. 130 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto) - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

TERNRYD, C. O. **Development of the Application of Photogrammetry to Highway Design in the Period 1964-1968**. Photogrammetria. N. 24. p 175-181. 1969.

TOMMASELLI, AMG. **Fotogrametria Básica**. 2009.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia. Apostila do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Paraná – UFPR**, 2012.

ZANETTI, J. **Influência do Número e Distribuição de Pontos de Controle em Ortofotos Geradas a partir de um Levantamento por Vant**. In: Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Título de Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2017.

## ANEXO I: CALIBRAÇÃO DA CÂMERA

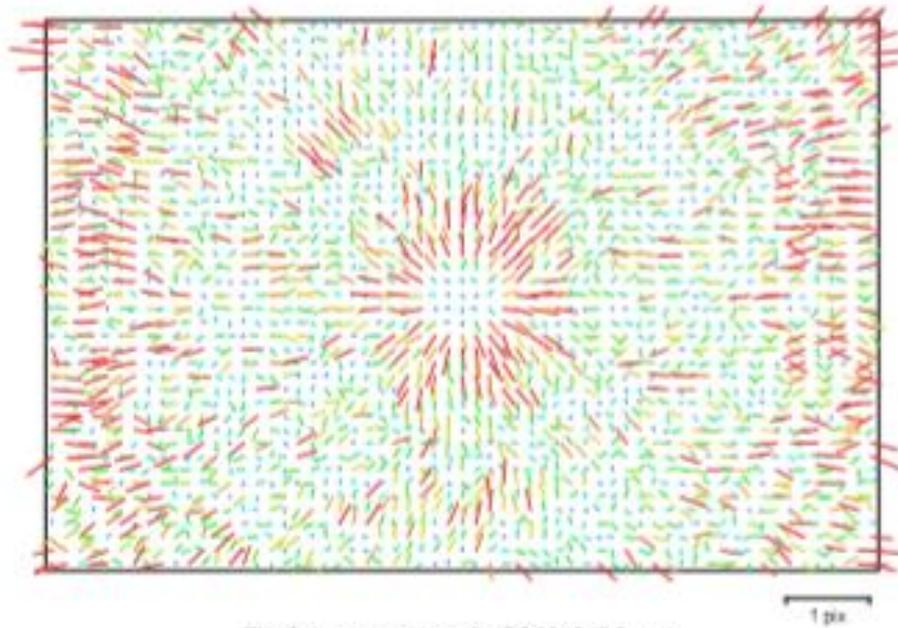


Fig. 2. Image residuals for FC6310 (8.8 mm).

### FC6310 (8.8 mm)

90 images.

Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
<b>5472 x 3648</b>	<b>8.8 mm</b>	<b>2.41 x 2.41 um</b>	<b>Não</b>
Type:	Frame	F:	3648
Cx:	-29.3337	B1:	-0.3082
Cy:	31.4118	B2:	0.297209
K1:	0.00194129	P1:	-0.00159424
K2:	-0.00965273	P2:	0.0010557
K3:	0.00920765	P3:	0
K4:	0	P4:	0

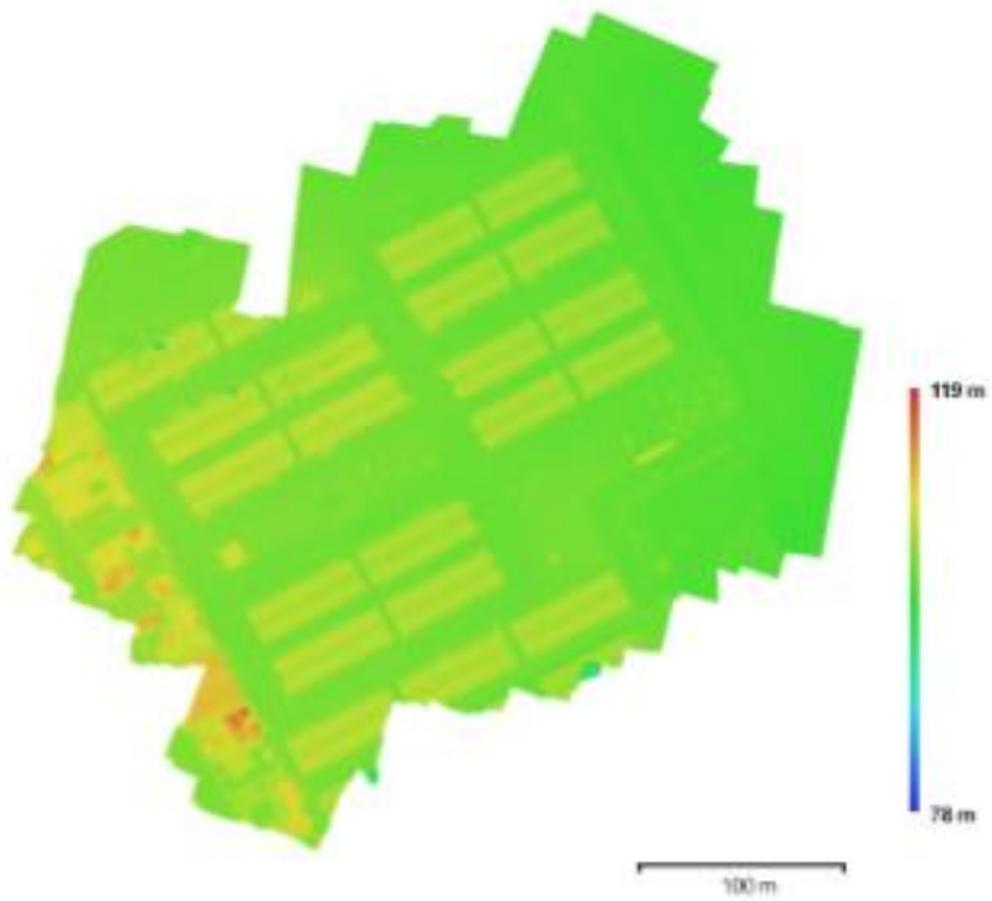
**ANEXO II: MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO- MDE**

Fig. 5. Reconstructed digital elevation model.

Resolution:	8.42 cm/pix
Point density:	141 points/m <sup>2</sup>

## ANEXO III: PROCESSAMENTO DOS PARÂMETROS

<b>Geral</b>	
Câmaras	90
Aligned cameras	90
Marcadores	3
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTMzone 25S (EPSG.:31985)
<b>Nuvem de Pontos</b>	
Pontos	171,225 of 198,538
RMS reprojection error	0.121894 (1.10989 pix)
Max reprojection error	0.369654 (45.0463 pix)
Mean keypoint size	7.8995 pix
Sobreposição efetiva	3.36872
<b>Parâmetros de alinhamento</b>	
Precisão	Média
Pré-seleção de pares	Reference
Key point limit	40,000
Tie point limit	10,000
Restringir características considerando as máscaras	Sim
Adaptive camera model fitting	Sim
Matching time	10 minutes 43 seconds
Alignment time	3 minutes 47 seconds
<b>DEM</b>	
Tamanho	7,024 x 6,475
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTMzone 25S (EPSG.:31985)
<b>Parâmetros de reconstrução</b>	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Tempo de processamento	1 minutes 27 seconds
<b>Orthomosaic</b>	
Tamanho	19,616 x 19,892
Coordinate system	SIRGAS 2000 / UTMzone 25S (EPSG.:31985)
Channels	3, uint8
Modo de combinação	Mosaico
<b>Parâmetros de reconstrução</b>	
Surface	DEM
Enable color correction	Não
Tempo de processamento	9 minutes 4 seconds
<b>Software</b>	
Version	1.2.5 build 2680
Platform	Windows 64 bit