



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016*  
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

IAGO SÁ HONORATO

LEVANTAMENTO TOPOMETRICO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VANTS, GNSS  
E ESTAÇÃO TOTAL.

Palmas – TO

2019

LAGO SÁ HONORATO  
LEVANTAMENTO TOPOMETRICO: ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VANTS,  
GNSS E ESTAÇÃO TOTAL.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II  
elaborado e apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil pelo Centro Universitário  
Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA)

Orientador: Prof. Dr. Joaquin José de Carvalho

Aprovado em: 07/11/2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Joaquin José de Carvalho

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof.ª M.ª Denis Cardoso Parente

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Edivaldo Alves dos Santos

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas - TO

2019

## SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	8
1 PROBLEMA DE PESQUISA	10
OBJETIVO GERAL	10
OBJETIVO ESPECÍFICO	10
JUSTIFICATIVA	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. TOPOGRAFIA NA ENGENHARIA CIVIL	12
2.2. ESTAÇÃO TOTAL	13
2.2.1. COMPONENTES DA ESTAÇÃO TOTAL	14
2.2.1 BASE NIVELANTE	14
2.2.2 ALIDADE	15
2.2.3. LUNETAS	16
2.2.4 ACESSÓRIOS	16
2.3. GNSS	17
2.3.1 TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO	17
2.4. ANÁLISE TOPOGRÁFICA COM USO DE VANTs	19
2.4.1. FOTOGRAMETRIA E AEROFOTOGRAMETRIA	19
2.4.2. LEGISLAÇÃO DO USO DE VANTs	20
3. METODOLOGIA	22
3.1. ÁREA DE ESTUDO	22
3.2. MATERIAIS	23
3.3. SOFTWARES	23
3.4. METODOLOGIA VANT	24
3.5. METODOLOGIA ESTAÇÃO TOTAL	25
3.6 METODOLOGIA GNSS	26
3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	26
3.7.1 ANÁLISE DE TENDÊNCIA	28

3.7.2 ANÁLISE DE PRECISÃO	29
4. RESULTADO E DISCUSSÃO	31
4.1 Curvas de nível	31
4.2 TEMPO	33
4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE LEVANTAMENTO	34
4.3.1 COMPARATIVO GPS E DRONE	34
4.3.1 COMPARATIVO ESTAÇÃO TOTAL E DRONE	37
4. CONCLUSÃO	40
5. REFERÊNCIAS	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1:Terreno objeto de estudo	20
Figura 2: Exemplo de ponto de controle	23
Figura 3: curvas de nível, levantamento com estação total	28
Figura 4:Curvas de nível, levantamento com VANT	28
Figura 5– curvas de nível estação total, mais nuvem de pontos do VANT	28

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Possíveis efeitos e suas fontes	16
Quadro 2: Especificações técnicas Mavic Pro DJI	18
Quadro 3: Classificação em relação ao padrão de exatidão planimétrico da PEC	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT, MDE e MDS para a Produção de Produtos Carto	24
Tabela 2: Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais	25
Tabela 3: Discrepâncias E, N e Z GPS/Drone	31
Tabela 4: Média e desvio padrão das coordenadas N e E	31
Tabela 5: Desvio padrão previsto e qui-quadrados amostrais das coordenadas para cada classe	32
Tabela 6: Resultados do teste T-Student	32
Tabela 7: Resultado Qui-quadrado planimetria escala 1:1000	32
Tabela 8: Resultado Qui-quadrado planimetria escala 1:2000	32
Tabela 9: Resultado Qui-quadrado altimetria escala 1:1000	32
Tabela 10: Resultado Qui-quadrado altimetria escala 1:2000	33
Tabela 11: Discrepâncias E, N e Z GPS/Drone	33
Tabela 12: Média e desvio padrão das coordenadas N e E	34
Tabela 13: Desvio padrão previsto e qui-quadrados amostrais das coordenadas para cada classe	34
Tabela 14: Resultados do teste T-Student	34
Tabela 15: Resultado Qui-quadrado planimetria escala 1:1000	34
Tabela 16: Resultado Qui-quadrado planimetria escala 1:2000	34
Tabela 17: Resultado Qui-quadrado altimetria escala 1:1000	35
Tabela 18: Resultado Qui-quadrado altimetria escala 1:1000	35
Tabela A1: Coordenadas UTM e altimetria obtidas por estação e GPS dos pontos observados.	44
Tabela A2: Coordenadas UTM e altimetria obtidas por VANT dos pontos observados.	44

## **RESUMO**

HONORATO, Iago Sá. **Levantamento topométrico: estudo comparativo entre os VANT, GNSS e Estação total**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Engenharia Civil. Centro Universitário de Palmas, Palmas/TO, 2019

A topografia é a ciência que tem por objetivo mensurar e descrever uma delimitada porção superfície terrestre, estas descrições podem ser aferidas por diversas metodologias, tais como o levantamento topográfico com o uso da estação total, GNSS e fotogrametria.

O uso de fotogrametria a partir de sensores instalados em aeronaves vem sendo utilizado a vários anos, entretanto os usos de aerolevanteamento para áreas reduzidas apresentam desvantagens pelo custo de mobilização, mas com a evolução da tecnologia e o advento dos VANTs abriu-se uma nova janela, a aerofotogrametria com VANT. Seguindo este raciocínio, para o fim comprovar a precisão desta nova metodologia, o presente artigo estabelece uma comparação entre os métodos de levantamento topográfico, Estação Total, GNSS e a aerofotogrametria com VANT.

Para tal fim foi realizado o estudo de uma porção de terra na cidade de Palmas no estado do Tocantins utilizando as três metodologias, com os resultados foi possível constatar a eficiência do uso de VANTs com a finalidade de criar modelos topográficos.

**Palavras chaves:** VANT, estação total, GPS, aerofotogrametria, levantamento topográfico

## **ABSTRACT**

HONORATO, Iago Sá. **Topometric survey: comparative study between UAV, GNSS and Total Station.** 2019. Course Conclusion Paper (Undergraduate) - Civil Engineering Course. Palmas University Center, Palmas / TO, 2019

Topography is the science that aims to measure and describe a delimited portion of the terrestrial surface. These descriptions can be gauged by several methodologies, such as surveying using the total station, GNSS and photogrammetry.

The use of photogrammetry from sensors installed in aircraft has been used for several years, however the use of aerial survey for small areas has disadvantages due to the cost of mobilization, but with the evolution of technology and the advent of UAVs a new window has opened. , the aerial photography with UAV. Following this reasoning, in order to prove the accuracy of this new methodology, the present article compares the methods of topographic survey, Total Station, GNSS and aerophotogrammetry with UAV.

To this end, the study of a portion of land in the city of Palmas in the state of Tocantins was carried out using the three methodologies; with the results it was possible to verify the efficiency of the use of UAVs in order to create topographic models.

**Keywords:** UAV, total station, GPS, aerial photography, topographic survey

## INTRODUÇÃO

A humanidade vem evoluindo com o passar do tempo em diversas áreas, com os mais variados motivos, uma das principais razões para essa evolução está na necessidade de reduzir o tempo e recursos empregados em dada atividade.

Os veículos aéreos não tripulados (VANTS) vem com uma solução para poupar tempo em diversas áreas, e já é amplamente usado na engenharia civil, alguns exemplos seriam seu uso no monitoramento de uma obra, verificação visual de patologias, e o mapeamento e levantamento topográfico de uma área, sendo o último foco deste estudo, ao qual, decorrerá sobre suas vantagens e desvantagens em comparação aos métodos da estação total e pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS).

Seu uso é primordial para a elaboração e implantação de um projeto e a delimitação de terrenos, a topografia procura descrever com certo nível de detalhe a região a ser estudada, levantando aspectos do terreno, tais como, acidentes geográficos naturais e artificiais, as particularidades e formas do relevo, que são detalhadas com a intenção de aferir a viabilidade de construção para determinada estrutura.

Atualmente há diversas maneiras de se coletar dados topográficos, tais como o desenho assistido por computador (CAD), sensoriamento remoto, fotogrametria, sistema de posicionamento global por satélite (GNSS), estação total, entre outros.

O desenho assistido por computador surgiu na década de 1980, sobrepondo assim as técnicas de desenho que utilizavam do papel, canetas e etcetera. Basicamente se trata de um programa operacional CAD e um computador. Atualmente existem diversos programas que facilitam desde a coleta de dados até a plotagem final em papel do projeto, conforme o modelo do programa e da experiência do operador é possível automatizar grande parte do processo de coleta de dados.

O sensoriamento remoto utiliza de raios eletromagnéticos emitidos ou refletidos para se medir distâncias, ele se baseia em uma emulsão fotográfica por meio de um sensor fotoelétrico, como uma câmera (CCD).

A fotogrametria é o estudo que procura detalhar, definir as formas e a posição de objetos no terreno através de medições obtidas a partir de fotografias ou imagens digitais. É dividida em dois métodos, a fotogrametria terrestre que é baseada na obtenção das imagens a partir de equipamentos instalados na superfície terrestre, e a fotogrametria aérea, ao qual, as imagens são obtidas através de sensores aéreos fotogramétricos (câmeras e sensores aerotransportados).

O sistema de posicionamento global por satélites (Global Navigation Satellite System – GNSS) permite a determinação tridimensional do terreno em qualquer lugar do planeta ou em seu entorno através de um sistema de coordenadas predefinido. Na atualidade existem três sistemas, o russo GLONASS, o europeu GALILEO e o norte americano NAVSTAR/GPS.

Por último, a estação total é um equipamento topográfico que mede as distâncias lineares e ângulos verticais e horizontais, é composto por uma estação total.

De acordo com a Teoria dos Erros as medições que são realizadas com o uso de instrumentos topográficos ou geodésicos contem sempre imprecisões ou erros que estão fora do controle, independentemente da capacidade tanto do equipamento como de seu operador, tais erros são inevitáveis e devem ter suas razões e efeitos conhecidos para que os mesmo possam ser avaliados e validados segundo regras pré determinadas e reconhecidas por todos.

Este trabalho tem como objetivos realizar um estudo comparativo entre modelos de aquisição de dados topográficos já existentes, com o intuito de avaliar as vantagens e desvantagens dos métodos; GNSS, VANTS e Estação total.

## **1 PROBLEMA DE PESQUISA**

A área da engenharia está diretamente relacionada a uma grande parcela do desenvolvimento econômico e social de um país. Por envolver tal parcela é uma área que deve apresentar necessidades constantes em melhorias e inovações tecnológicas na área construtiva.

Os veículos aéreos não tripulados, são uma plataforma de aquisição de dados de pequeno porte, que vem evoluindo e se tornando cada vez mais popular com o passar do tempo, por poder transportar diversos tipos de dispositivos que podem ser utilizados deste uso civil como profissional.

O uso dos VANTS vem crescendo e melhorando constantemente, com cada vez mais (melhorias, capacidade)

Em algumas situações o uso da topografia tradicional se mostra difícil aplicar como por exemplo; áreas de difícil acesso como trechos acidentados, necessidades de varias pessoas para manuseio de equipamentos, e o risco de vida ao coletar dados em certos trechos.

O uso de VANTS têm a capacidade de sanar todos esses problemas, e garantir um benefício adequado para as empresas?

### **1.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar um estudo comparativo entre os três métodos de dimensionamento de superfície terrestre, levando em consideração a relação benefício

### **1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Realizar o estudo topográfico de uma parcela de área impactada por uma obra civil utilizando os métodos, Estação total, com o uso de VANTS e através do método GNSS

Obter os dados de tempo, mão de obra, e precisão dos três métodos e compará-los entre si

Analisar as vantagens e desvantagens de cada método citados anteriormente

### 1.3 JUSTIFICATIVA

Atualmente pode se notar uma gama de diferentes aparelhos de medição topográficos indo dos mais simples para os mais sofisticados, com isso em mente, conhecer as particularidades de cada um deles é de fundamental importância para que o engenheiro tenha a capacidade de escolher um aparelho adequado para as necessidades impostas pelo projeto.

É fundamental o prévio levantamento topográfico do local onde se implantará qualquer obra de engenharia, arquitetura ou agronomia” (Espartel, 1982 apud ). Para o levantamento topográfico, os métodos tradicionais tais como GPS e Estação Total, vem sendo usados devido sua já comprovada precisão, contudo tais metodologias demandam tempo e uma equipe para sua realização.

Atualmente pode se notar um crescimento na utilização dos VANTs nas mais diversas áreas, tais como agricultura, engenharia, uso militar e entre outros, esse crescimento vem devido as facilidades impostas pelos mesmos, suas capacidades de coleta de informação, velocidade, menor quantidade de mão de obra necessária e sua capacidade de carregar diferentes equipamentos, vem atraindo as pessoas para seu uso.

Os veículos aéreos não tripulados popularmente conhecido como drones, vem para a engenharia civil auxiliar em diversas áreas, indo do levantamento topográfico até o monitoramento final da obra.

Os VANTS vem sendo atualizado cada vez mais com o passar do tempo, com o uso de sensores cada vez mais potentes, assim possibilitando a concepção de imagens de porções da superfície terrestre cada vez mais detalhadas, de maneira ágil e precisa a partir de plataformas móveis.

Este estudo foi idealizado através da observação do uso do drone modelo Mavic Pro no levantamento topográficos de obras na região de Palmas no estado de Tocantins. O Mavic Pro apresenta grande agilidade e precisão na aquisição de imagens

Este projeto permite estudar e avaliar a performance dos veículos aéreos não tripulados comparativamente com modelos tradicionais de levantamento topográfico, estudando assim a viabilidade de seu uso na aquisição de dados

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. TOPOGRAFIA NA ENGENHARIA CIVIL**

A topografia é definida por Segantine e Silva (2015) como a disciplina que estuda as técnicas e os métodos de medição e representação das irregularidades da superfície da terra com o uso equipamentos topográficos, para medir a distância entre pontos, ângulos e localizar pontos a partir de ângulos e distâncias ou coordenadas, a decorrência destes procedimentos é denominada levantamento topográfico.

“A Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre” (Espartel 1987 apud Luis A. K. Veiga/Maria A. Z. Zanetti/Pedro L. Faggion 2007).

” a topografia baseia se em pontos fundamentais do Sistema Geodésico Nacional de um país para gerar pontos de detalhes que descrevem, por meio de coordenadas e atributos, um objeto de medição” (SEGANTINE e SILVA, 2015, P. 4).

Segundo a norma 13133/94 temos que o levantamento topográfico é uma compilação de métodos e processos que, por meio de medições de ângulo e distâncias verticais e inclinados, sendo necessário o uso de equipamentos com a exatidão pretendida para a situação, a também a necessidade da escolha dos pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas.

A necessidade do homem na questão de conhecer seu entorno sempre influenciou na vida do mesmo, nas questões de orientação, segurança, guerra, navegação, construção civil, etc. Com o passar do tempo as técnicas e equipamentos de medição auxiliaram na aquisição de dados para decorrente representação.

Através da invenção de diversos aparatos topográficos, tais como a, estação total, GPS e VANTs, cada qual com suas especificações, permitem ao engenheiro escolher o equipamento levando em conta diversos fatores tais como, tempo, etc.

## **2.2. ESTAÇÃO TOTAL**

De forma básica a estação total é composta de um teodolito eletrônico que faz medições angulares, um distanciômetro eletrônico ao qual mede distâncias lineares e um processador matemático, associados em um só conjunto.

O uso da estação total permite obter dados no campo, tais como ângulos e distâncias e também obter informações como a distância horizontal, desnível entre pontos e coordenadas dos pontos ocupados pelo refletor

Nos métodos de medida angular por Veiga, Zanetti e Faggion (2007, p.60) exprimem que na topografia, geralmente se deseja medir o ângulo horizontal entre duas direções, ao quais, os aparelhos podem não ser orientados, orientados pelo norte verdadeiro ou geográfico, orientado por bússola, orientado a ré, orientado na vante e por deflexão.

No caso de um aparelho não orientado, o equipamento faz a leitura de três direções (ABC) sendo que o ângulo será obtido pela diferença dos ângulos de AB e AC, sendo assim o teodolito não há a necessidade da estação estar orientada para uma direção específica

Equipamentos orientados pelo norte verdadeiro ou geográfico passam a ser azimutes verdadeiros de A para B e de A para C.

Nos aparelhos orientados pela bússola, a leitura é similar ao caso anterior e intitula se por leitura de azimutes magnéticos.

Aparelhos orientados na ré, o teodolito zera se na estação ré e mede se o ângulo até a estação vante. O aparelho orientado na vante é semelhante a anterior, entretanto, o equipamento sera zerado na estação vante.

### **2.2.1. COMPONENTES DA ESTAÇÃO TOTAL**

Segundo Segantine e Silva (2015, p.177) o teodolito eletrônico e a estação total, são equipamentos semelhantes, sendo que sua diferença apresenta se na estação total ao qual possui a vantagem de medir a distância eletronicamente.

Segundo o mesmo autor a estação total é composta por três partes principais, que são a base nivelante, a alidade e a luneta, junto com as partes principais há um conjunto de componentes secundários necessários para o funcionamento do equipamento, este conjunto de partes e sua instalação serão apresentadas e discutidas ao longo deste texto , seguindo os conceitos de Segantine e Silva (2015) e Veiga, Zanetti e Faggion (2007)

### **2.2.1 BASE NIVELANTE**

A base nivelante é composta pela parte inferior da estação total ou teodolito, a qual o equipamento é instalado ao tripé e posteriormente é centrado e nivelado sobre o ponto de estação total. “A estabilidade entre o tripé e a base nivelante é o primeiro fator a ser considerado para garantir medições confiáveis” (SEGANTINE e SILVA 2015, p.178). Com o que foi dito anteriormente pode se ver a importância de uma boa instalação da base nivelante, para isso a base uma vez presa ao tripé, com o uso de um prumo ótico ou prumo laser incorporados a base nivelante, possibilita a centralização do equipamento com o ponto de estação. O uso dos parafusos calantes, nível de bolha ou nível eletrônico permite ao operador de controlar o nível do instrumento. A figura 1 apresenta uma base nivelante com o nível de bolha



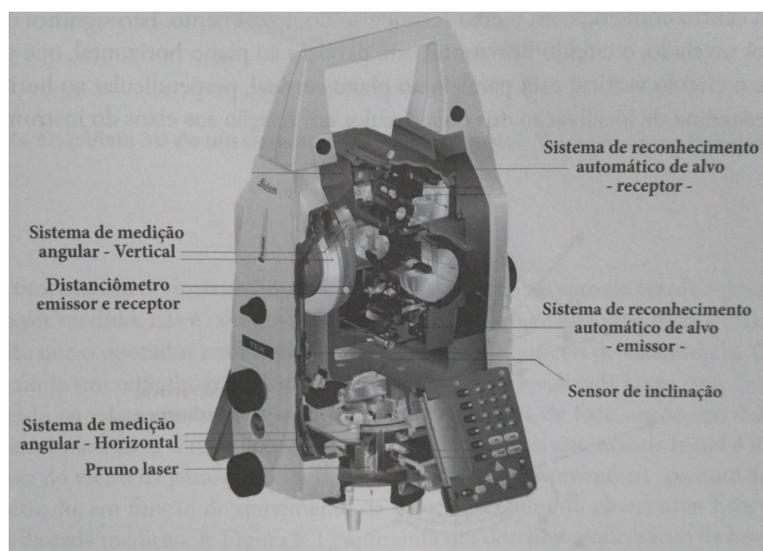
*Figure 1: Base de nivelamento com prumo ótico (TECNOSAT)*

### **2.2.2 ALIDADE**

O alidade é a estrutura onde os elementos de uma estação total ou teodolito são fixados, ele é fixado ao tripé através do uso da base nivelante. O alidade possui dois eixos, o eixo principal ou eixo vertical e o eixo secundário ou eixo de visada, sendo que o primeiro

dos dois permite a rotação horizontal no eixo principal e o segundo permite a movimentação da luneta, perpendicularmente ao eixo principal.

No interior do alidade estão fixados os diversos componentes eletrônicos, que ditam suas funções e com o auxílio de uma tela LCD o operador pode interpretar as informações fornecidas pelo equipamento. Os componentes eletrônicos estão representados na figura 2



*Figure 2: Componentes de uma estação total.*

Fonte: Segantine e Silva (2015, p.183)

O alidade possui dois parafusos tangenciais, nomeados parafusos de chamada, enquanto um tem a função de rotacionar o alidade em torno do eixo vertical o outro permite girar a luneta. Com o uso destes dois parafusos de chamada é possível alinhar a linha de visada da luneta com o alvo da medição.

### **2.2.3. LUNETAS**

A luneta é uma parte da estação total e teodolito que dita o eixo de visada, permitindo a observação do ponto a ser medido. De acordo com Espartel (1987 p.147), “focar a luneta é a operação que tem por fim fazer a coincidência do plano do retículo e do plano da imagem do objeto visado com o plano focal comum à objetiva e à ocular”.

A luneta é composta por um sistema óptico, que permite o operador realizar medições, um retículo gravado em uma placa de vidro, uma mira de pontaria, posicionada em cima da luneta e dois controles de foco, com um deles focando a vista do ponto e o outro focando o retículo

#### **2.2.4 ACESSÓRIOS**

A qualidade do acessório é de suma importância para o correto levantamento de dados e para alcançar um alto rendimento. Com isso em mente esse capítulo apresentará três acessórios importantes para a maioria dos levantamentos, que são o tripé, refletor e o bastão de prisma.

De acordo com a ISSO 12858-2/1999 os tripés podem ser classificados como pesados ou leves, sendo que tripés com peso acima de 5,5 kg primeira classificação, eles podem suporta equipamentos topográficos de até 15 kg, são geralmente feitos de madeira ou fibra de vidro. Os tripés de classificação leve são aqueles que seu peso não ultrapasse 5kg.

O refletor é o acessório usado em conjunto com a estação total, que tem com função refletir o raio eletromagnético emitido pelo distanciômetro eletrônico durante as medições de distância. “ Geralmente eles são fixados na extremidade de um bastão de maneira que se conheça o offset entre o centro de reflexão do raio eletromagnético e o eixo do bastão” (SEGANTINE E SILVA, 2015, p.197).

A diversos modelos de refletores disponíveis tais com o prisma circular, prisma 360°, etc.

Os prismas circulares são feitos cortando se o canto de um cubo sólido de vidro que se formem três superfícies refletoras mutuamente paralelas, que refletirão os raios eletromagnéticos.

As primas 360° consiste de 6 prismas individuais em um arranjo que permite que os raios eletromagnéticos incidentes sejam refletidos de qualquer ângulo

#### **2.3. GNSS**

O uso de satélites para o posicionamento geodésico começou por volta da década de 50 com o lançamento dos primeiros satélites. Segundo (Krueger,2011) na década 1990 foi

criado o termo GNSS (Global Navigation Satellite System) ao qual englobou inicialmente os sistemas GPS (EUA) e GLONASS (Rússia), posteriormente os sistemas GALILEO (União Europeia) e COMPASS (China) foram filiados ao GNSS.

O GPS utiliza a comunicação de mão única para obtenção da distância, ou seja, o sinal sai apenas do satélite diretamente para o receptor. Segundo Seeber (2003) a distância entre o satélite e a antena é medida através do conhecimento do tempo que o sinal levou para chegar no receptor e a velocidade de propagação.

Os métodos de posicionamento podem ser divididos em dois pontos, o primeiro com o objeto que se quer posicionar está em movimento (posicionamento cinemático) e o segundo quando o objeto não está se movendo (posicionamento estático) (MONICO, 2008).

### **2.3.1 TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO DE CAMPO**

A diversas técnicas de levantamento de campo com a tecnologia GNSS, Segantine e Silva (2015, p.315), apresenta quatro técnicas de levantamento a técnica de levantamento relativo estático, relativo cinemático, levantamento diferencial baseado na medição da pseudodistância (DGPS) e a técnica de levantamento diferencial baseado na medição da fase (RTK).

O método de levantamento estático foi o pioneiro na questão de aplicação na tecnologia GNSS. Seu uso foi muito difundido devido que este método requer somente que o ponto observado tenha visão para o horizonte sem a presença de objetos que podem interferir na sintonização dos sinais pela a antena, outro ponto a se destacar sobre seu uso está na necessidade do equipamento de coleta de dados deve estar estático durante a coleta de dados. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE no nível de precisão deste método de 0,1 a 1 ppm

A técnica de levantamento cinemático tem como instrumentos uma antena receptora base que é mantida fixa em um ponto de coordenada conhecida, possui também uma ou mais antenas remotas que serão deslocadas em diversos pontos na área objeto de estudo, através disto serão coletados os dados do terreno. Segundo o IBGE essa técnica possui precisão de 1 a

10 ppm.

Com a necessidade de coordenadas corrigidas em tempo real, surgiu o posicionamento relativo cinemático em tempo real (RTK) que utiliza dados coletados em um ponto de referência e transmitido as correções e observações para o receptor móvel (via rádio, internet) possibilitando corrigir esses valores e obter coordenadas precisas instantaneamente (SANTOS, 2016)

No percurso o sinal sofre diversos efeitos tais como a refração da atmosfera e a reflexão do sinal em objetos, etc, além destes, o sistema de GPS pode apresentar erros nos diversos equipamentos que são utilizados na aquisição dos dados, tais erros foram representados no quadro abaixo

Quadro 1: Possíveis efeitos e suas fontes

Fonte	Erro
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite
	Erro de órbita
	Erro do relógio
	Relatividade
Propagação do Sinal	Refração troposférica
	Refração ionosférica
	Perdas de ciclos
	Multicaminho
Receptor/Antena	Erro do relógio
	Erro entre os canais
	Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas
	Multicaminhos
	Marés terrestres
	Movimento do pólo
	Cargas oceânicas
	Pressão atmosférica

Fonte: IBGE

## **2.4. ANÁLISE TOPOGRÁFICA COM USO DE VANTS**

Os dados relevantes sobre o relevo de uma área podem ser adquiridos diretamente no campo ou indiretamente com o uso do sensoriamento remoto, segundo Longhtano (2010 apud Novo, 1989). O sensoriamento remoto consiste na utilização de modernos sensores, equipamentos, aeronaves, espaçonaves etc.

Através do sensoriamento remoto é possível adquirir informações relevantes para a estruturação dos modelos topográficos, da mesma forma que, os métodos de levantamento diretamente no campo, contudo, tem a possibilidade de amostrar áreas mais rapidamente.

Os primeiros parágrafos decorreram sobre a fotogrametria, utilização de VANTS, legislação do uso dos VANTS, os tipos encontrados no mercado e dados sobre o modelo utilizado no projeto de pesquisa.

### **2.4.1. FOTOGRAMETRIA E AEROFOTOGRAMETRIA**

Como já foi citado na introdução, a fotogrametria é o estudo que procura detalhar, definir as formas e a posição de objetos no terreno através de medições obtidas a partir de fotografias ou imagens digitais.

Segundo Silva, D.C. (2015) a fotogrametria terrestre simples foi a primeira a ser utilizada, foi sucedida pela fotogrametria terrestre estereoscópica e na aerofotogrametria iniciou se com o uso de plataformas pombos, balões e pipas por volta do fim do século XIX e início do século XX nos Estados Unidos, Canadá e Europa, ao quais foram adaptadas para o avião após a invenção do mesmo.

“As câmeras fotogramétricas analógicas para fotografias aéreas eram todas manuais e apenas em 1915 apareceu a primeira câmera aérea automática, usada na 1ª Guerra” (SLAMA , 1980. Apud, SILVA, D.C. 2015).

Segundo Redweik (2015) a base de todas as técnicas é composta por duas etapas que são o voo fotográfico e a seleção de pontos de apoio. No voo fotográfico tem que se levantar os dados como área de estudo, disposição espacial da área, tipo de representação que se

pretende, escala da representação, precisão pretendida, número de pontos de apoio, prazo de execução, restrições ao voo, etc.

#### 2.4.2. LEGISLAÇÃO DO USO DE VANTs

A ANAC (agência nacional de aviação civil) define as regras para utilização das aeronaves não tripuladas, entre elas podemos citar a distância mínima a qual estes aparelhos podem operar de pessoas não relacionadas com suas atividades.

Para as atividades relacionadas à engenharia, e principalmente as relacionadas às ciências agrárias, este item da regulamentação não usualmente restringe ou dificulta a operação dos VANTS, pois, estas são atividades que frequentemente decorrem locais afastados de habitações e locais de aglomeração de pessoas. E quando decorrem em distâncias inferiores aos 30 m citados na legislação, quase sempre o requisito de barreira de proteção entre a aeronave e as pessoas não envolvidas com suas atividades dos VANTS é atendida.

O manual do usuário do Mavic Pro DJI disponibiliza as características do VANT que possibilita a classificação do mesmo, segue o quadro com as informações

Quadro 2: Especificações técnicas Mavic Pro DJI

Drone	
Peso ( incluindo a tampa do gimbal	734g
Dimensões	743g
Comprimento diagonal (hélices abertas)	83x 83 x 198mm (dobrado)
Velocidade máxima de subida	335mm
velocidade máxima de descida	5 m/s no modo Sport sem vento
velocidade máxima	3 m/s
teto máximo acima do nível do mar	65 km/h no modo Sport sem vento
tempo máximo de voo	5000 metros
tempo máximo pairando	27 minutos
distância máxima de voo	13 km, sem vento
temperatura p/ operar	0° ~40° C
sistema de posicionamento do satélite	GPS/GLONASS

Fonte: Manual do usuário Mavic Pro DJI

A ANAC também os separa em três categorias, segundo o peso (massa em kg) máximo de decolagem destes aparelhos. Sendo classificados como:

- Classe 1: RPA com peso máximo de decolagem maior que 150 kg;
- Classe 2: RPA com peso máximo de decolagem maior que 25 kg e menor ou igual a 150kg;
- Classe 3: RPA com peso máximo de decolagem menor ou igual a 25 kg

De acordo com os dados apresentados acima o Mavic Pro é de classe 3, com asa rotativa.

O DECEA órgão responsável pela operação no espaço aéreo, tem como uma de suas funções emitir o NOTAM (Notice to Airmen), que é um informe à comunidade aeronáutica, este informe tem como função autorizar ao operador de VANTs o uso em altitudes cima de 100 pés. “ Voos acima de 200 pés podem colocar em risco helicópteros. Aqueles acima de 400 pés podem interferir na navegação aérea”.

A atividade de aerolevanteamento é regulada pelo Decreto-Lei nº 1.177/1971, Decreto nº 2.278/1997 e Portaria nº 953/2014 do Ministério da Defesa (MD). Para a realização do aerolevanteamento é necessário estar autorizado pelo MD, por meio de uma Autorização de Voo do Ministério da Defesa (AVOMD).

Deve se observar que os veículos aéreos não tripulados não devem se aproximar de áreas de sobrevoo, pousos e decolagens, tais como aeroportos, quartéis, depósitos de combustível, etc.

### 3. METODOLOGIA

O desenvolvimento deste projeto foi baseado em revisões literárias, utilizando normas de uso de equipamentos para aquisição de imagens, descrições de softwares e as aplicações em cada fase. Pesquisa de campo descritiva, dedutiva, quanti qualitativa, com instrumentos de coleta VANT modelo Mavic Pro DJI, estação total e GNSS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhido está localizada no perímetro urbano de Palmas no Estado do Tocantins. O terreno objeto de estudo está localizado na ARSE 51 no lote APM 20, o terreno está demonstrado na figura 3, tem aproximadamente uma área de 9300 metros quadrados e um perímetro de aproximadamente 370 metros. O terreno apresenta um pequeno morro e diversas árvores de pequeno e médio porte. O morro apresenta um declive acentuado a qual dificulta a coleta de dados pelos métodos estação total e GNSS



Figura 1: Terreno objeto de estudo

Fonte: google Earth

### **3.2. MATERIAIS**

As ferramentas escolhidas a ser utilizadas como instrumentos da pesquisa foram separadas em cada método, GNSS, VANT e estação total

No caso do VANT, o aparelho escolhido foi o VANT modelo Mavic Pro da DJI, o mesmo possui uma câmera de alta definição. A escolha desse modelo deve como influência a sua disponibilidade, facilidades na execução de planos de voo, praticidade de uso e qualidade de imagens.

No estudo com uso da estação total será realizado com o instrumento da marca Topcon modelo GTS-240N Series

Os equipamentos escolhidos para a pesquisa por GNSS foi o GPS RTK geodésico da marca Trimble R8s

### **3.3. SOFTWARES**

O software escolhido foi o topograph 98, o mesmo foi escolhido pela sua disponibilidade, tem como função processar os dados da estação e gerar curvas de nível

O VANT escolhido possui uma câmera de alta resolução, um sistema que permite a coleta de imagens em movimento, pouso e decolagem automatizada, um sistema anti colisão.

Foi escolhido dois softwares para a realização deste estudo com o uso do Mavic Pro.

O primeiro software adotado foi o DroneDeploy, escolhido pela sua facilidade de manuseio e por ser compatível com o VANT utilizado no estudo. Seu uso permite ao usuário elaborar planos de voo com a finalidade de aerolevanteamento que proporciona a aquisição imagens necessárias para elaboração de ortofotomosaico.

O segundo software é Agisoft Metshape, ele tem como função processar as imagens gerando assim os produtos cartográficos como a nuvem de pontos, modelo digital 3D, o modelo digital de elevação

O software a ser utilizado para o processamento dos dados do modelo GNSS foi o ACSSESS TRIBLE, devido sua praticidade de uso, qualidade e compatibilidade com o modelo GPS RTK

### **3.4. METODOLOGIA VANT**

Com o uso do DroneDeploy foi selecionado a área de estudo, se preenche os dados de voo tais como altura de voo, a porcentagem de sobreposição frontal e lateral das imagens e o ângulo de faixa de voo. A partir destes dados, o software disponibiliza o tempo de voo, quantidade de baterias utilizadas e área em hectare do terreno.

A partir do da altura de voo programado no DroneDeploy, define se o valor do Grund Sample Distance GSD, que define quantos centímetros terá cada pixel da imagem do terreno, quando menor o GSD melhor será a qualidade da imagem

A porcentagem de sobreposição recomendado e usados no DroneDeploy foram para as imagens frontais 80% e para as laterais 60%, podendo variar de acordo com a necessidade da precisão do levantamento.

O ângulo de faixa de voo define a direção em que o VANT realizará a coleta das imagens, o ângulo pode variar dependendo das necessidades, como por exemplo direção do vento e a forma geométrica da área de interesse, sendo utilizado o ângulo de  $-51^\circ$  no estudo.

As fotos adquiridas pelo VANT foram importadas para o Agisoft Metshape que tem como função processar as imagens, gerando os modelos topográficos e mapeamento do terreno, através da criação de um ortomosaico, para a realização do mesmo é necessário a definição de pontos de apoio e suas coordenadas. Os pontos de apoio serão coletados através de pontos marcados no terreno com cruzetas de 1 metro de diâmetro, como mostrado na figura 4, desta forma, torna se possível referenciar os pontos através do software Agisoft Metshape.

Há a necessidade de se definir pontos de apoio que poderão ser naturais ou artificiais, estes pontos serão distribuídos nas bordas, uniformemente na área e em locais com maiores diferenças de cotas.

Foi estabelecido no total 5 pontos de controle, aos quais foram marcados com cruzetas brancas como pode ser visto na figura 3, dos quais foram analisados e comparados em conjunto com o GPS e estação total

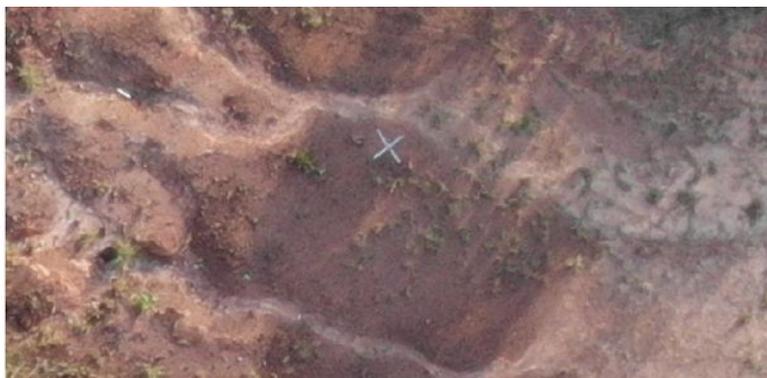


Figura 2: Exemplo de ponto de controle

### **3.5. METODOLOGIA ESTAÇÃO TOTAL**

A metodologia adotada é do método da interseção a ré que consiste em determinação de medições combinadas de distância e direção de coordenadas do ponto da estação, sendo necessário no mínimo dois pontos de referência.

A escolha dos pontos de instalação da estação e dos prismas, foram definidas seguindo dois pontos básicos, sendo o primeiro a necessidade de uma boa visibilidade entre os pontos e o segundo sendo a locação de pontos de interesse tais como elevações e depressões acentuadas.

Com a escolha dos pontos de estação será criado uma poligonal a qual em cada ponto de estação será coletado os dados de irradiação, coordenadas e cotas dos pontos de interesse gerando assim a caderneta.

Neste trabalho a caderneta da estação total estará sendo transferido e processada posteriormente pelo Software Topograph 98, sendo que o Topograph 98 realizará os cálculos da poligonal e das irradiações, gerando a superfície topográfica da área de interesse

### **3.6 METODOLOGIA GNSS**

A metodologia adotada seguirá de acordo com o método de levantamento no modo diferencial RTK, com o uso de uma base fixa e uma base Rover sendo realizado o estudo da área utilizando os mesmos pontos de apoio e controle usados pela estação e drone.

A locação de pontos seguirá paralelo as escolhas da estação total nos quesitos de pontos de interesse.

No modo tempo real RTK, a base fixa estabelece uma comunicação com a base rover e transmite a ela as correções diferenciais produzidas a partir da fase da portadora e do código. “O receptor remoto explora, em tempo real de até 20Hz, s suas próprias coordenadas com uma precisão horizontal da ordem de 1 a 2 cm” (SEGANTINE E SILVA, 2015, p.319).

Esta técnica foi escolhida devido a sua velocidade de coleta de informações e precisão no levantamento planimétrico.

Após o levantamento, os dados foram transferidos para o software *topograph 98*, a qual, processou se os dados e permitindo a análise dos pontos de interesse

### **3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

A análise de precisão do levantamento feito pelo drone e pela estação total tiveram suas coordenadas referenciadas com levantamento realizado com o GPS RTK.

Para criar a análise de tendência e precisão, foi escolhido 13 pontos equivalentes entre o GPS, drone e a estação total distribuídos no terreno. Foi utilizado da PEC PCD (padrão de exatidão cartográfica) para análise dos dados.

É importante aqui diferenciar exatidão (acurácia) de precisão. A precisão está ligada com a dispersão das observações em torno do valor médio, enquanto que a acurácia

está relacionada com a proximidade do valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos. (GALO E CAMARGO 1994)

Foram utilizados os valores tabelados pela PEC, presentes nas tabelas 1 e 2, as quais foram utilizados para os calculas planimétricos e altimétricos

Tabela 1: Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT, MDE e MDS para a Produção de Produtos Carto

PEC <sup>(1)</sup>	PEC - PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000		1:25.000		1:50.000		1:100.000		1:250.000	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
-	A <sup>(2)</sup>	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70	7,00	4,25	14,00	8,51	28,00	17,02	70,00	42,55
A	B <sup>(2)</sup>	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00	12,50	7,50	25,00	15,00	50,00	30,00	125,00	75,00
B	C <sup>(2)</sup>	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00	20,00	12,50	40,00	25,00	80,00	50,00	200,00	125,00
C	D <sup>(2)</sup>	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	25,00	15,00	50,00	30,00	100,00	60,00	250,00	150,00

Fonte- PEC PCD

Tabela 2: Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC-PCD	Equidistância		Equidistância		Equidistância		Equidistância	
	1		1		2		5	
	1.000		2.000		5.000		10.000	
	PEC (m)	EP (m)						
<b>A</b>	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67
<b>B</b>	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00
<b>C</b>	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50
<b>D</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	5,00	5,00

Fonte - PEC PCD

Através dos dados provenientes da coleta de dados tais como o, tempo utilizado para coleta de dados, tendência e a precisão dos dados adquiridos de cada método acima citado, será realizado uma comparação entre os três métodos procurando demonstrar vantagens e desvantagens em diversos aspectos de cada técnica de levantamento planimétrico.

### 3.7.1 ANÁLISE DE TENDÊNCIA

A análise de exatidão do terreno foi fundamentada na análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas observadas (drone e estação total) e as coordenadas de referência (GPS) nas coordenadas UTM, através da equação 1:

(1)

$$\begin{aligned}\Delta N &= Ngps - Ndrone \\ \Delta E &= Egps - Edrone \\ \Delta N &= Nestação - Ndrone \\ \Delta E &= Estação - Edrone\end{aligned}$$

Em que:  $\Delta N$  ;  $\Delta E$  : discrepâncias nas coordenadas (N,E)

$Ngps$ ;  $Egps$ : coordenadas UTM (N,E) do levante com GPS RTK

$Ndrone$ ;  $Edrone$ : coordenadas UTM (N,E) do levante com drone

$Nestação$ ;  $Eestação$ : coordenadas UTM (N,E) do levante com estação total.

O desvio padrão e a média (equação 2), bem como das diferenças amostrais (equação 3) necessitam ser calculadas por:

$$\Delta \bar{N} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta N_i \quad ; \quad \Delta \bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta E_i \quad (2)$$

$$s_{\Delta N} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta N_i - \Delta \bar{N})^2} \quad ; \quad s_{\Delta E} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta E_i - \Delta \bar{E})^2} \quad (3)$$

Em que:  $\Delta \bar{N}$  ;  $\Delta \bar{E}$  ; Media das discrepâncias

$s_{\Delta N}$  ;  $s_{\Delta E}$  ; Desvio padrão amostral das discrepâncias

Na verificação de tendência foi considerada as seguintes hipóteses:

$H_0$  :  $\Delta N = 0$  ;  $\Delta E = 0$

$H_1$   $\Delta N \neq 0$  ;  $\Delta E \neq 0$

Para esta experiência é necessário computar a cada amostra amostral "t", e aferir se o valor de "t" amostral está no intervalo de admissão ou rejeição da hipótese nula. O valor de "t" amostral deve estar medido por meio de:

$$\hat{t}_{\Delta N} = \frac{\Delta N}{s_{\Delta N}} \sqrt{n} ; \hat{t}_{\Delta E} = \frac{\Delta E}{s_{\Delta E}} \sqrt{n} \quad (4)$$

No caso de  $|\hat{t}| < t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})}$  o  $H_0$  não é tendencioso a uma direção

Em que:  $t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})}$  *t student* teórico  
 $\alpha$  Nível de significância  
 $n - 1$  Grau de liberdade

### 3.7.2 ANÁLISE DE PRECISÃO

A avaliação da precisão, pode ser feita comparando se o desvio padrão das diferenciais com o erro padrão (EP) previsto para a classe na qual se deseja aferir. Tendo em vista diferentes escalas para diversos objetivos a imagem podem estar entre as classes A, B ou C como pode ser visto no quadro 3.

Quadro 3: Classificação em relação ao padrão de exatidão planimétrico da PEC

Carta	Erro padrão	Desvio padrão
Classe A	0,3 mm x Escala	$\frac{0,3mm * Escala}{\sqrt{2}}$
Classe B	0,5 mm x Escala	$\frac{0,5mm * Escala}{\sqrt{2}}$
Classe C	0,6 mm x Escala	$\frac{0,6mm * Escala}{\sqrt{2}}$

Desta forma o exame de hipótese a ser formulada é:

$H_0: s_{\Delta E}^2 = \sigma^2$  e  $s_{\Delta N}^2 = \sigma^2$  : A variância dos itens testados é equivalente a variância aguardada para a classe

$H_1: s_{\Delta E}^2 > \sigma^2$  ou  $s_{\Delta N}^2 > \sigma^2$  : A variância dos itens testados é maior que a variância aguardada para a classe

A avaliação desses cálculos é realizada comparando o qui- quadrado teórico que é tabelado, com o qui-quadrado amostral da equação (5)

$$X_{\Delta_N}^2 = (n-1) \frac{s_{\Delta_N}^2}{\sigma^2} \text{ e } X_{\Delta_E}^2 = (n-1) \frac{s_{\Delta_E}^2}{\sigma^2}$$

Após o cálculo acima deve se verificar se o resultado está no intervalo de aceitação que é

$$X_{\Delta_N}^2 \leq x_{(n-1, \alpha)}$$

## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 CURVAS DE NÍVEL

Através do levantamento topográfico com o uso tanto do drone como da estação total, demonstrados nas figuras 5, 6, 7 e 8 é possível evidenciar uma diferença de cota máxima de 9 metros sendo o ponto mais baixo na cota 273 localizado na avenida NS2 na 404 norte, e o ponto mais elevado na cota de 282 metros.

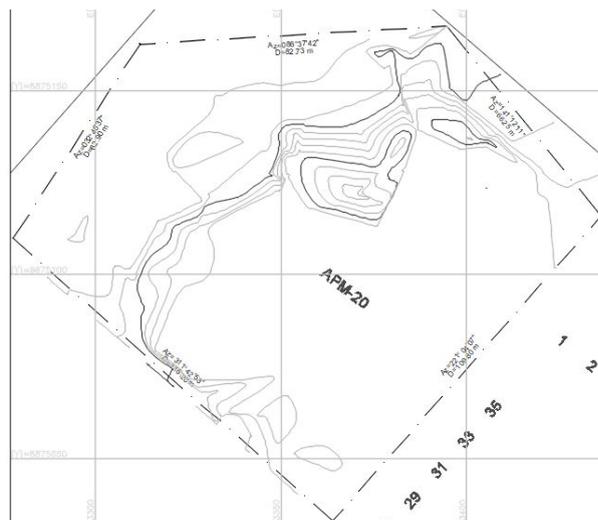


Figura 3: Curvas de nível, levantamento com estação total

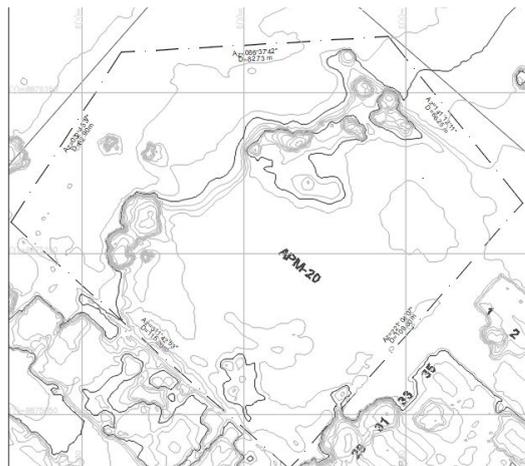


Figura 4: Curvas de nível, levantamento com VANT



Figura 5: Curvas de nível estação total , mais nuvem de pontos do VANT

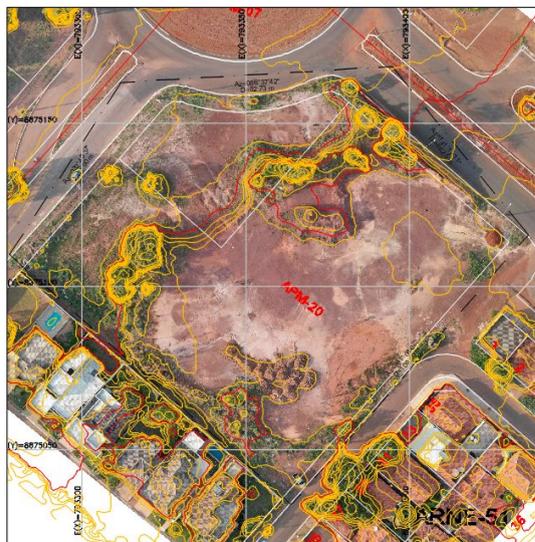


Figura 6: Curvas de nível VANT, mais nuvem de pontos do VANT

De forma geral, os dois métodos obtiveram curvas de nível similares, excluindo pontos com árvores ao quais interferiram na altimetria realizada pelo drone, no software Agisoft é possível minimizar e até mesmo excluir a vegetação para um melhor levantamento, entretanto, mesmo com este método o levantamento é prejudicado com áreas de densa vegetação

## 4.2 TEMPO

Cada método demonstrou seus particulares em relação ao levantamento e tratamentos dos dados obtidos por cada equipamento, levando a diferentes rendimentos. Desta forma o quadro 4 demonstra o tempo gasto em cada método. Foi desconsiderado o tempo do GPS RTK devido que o mesmo não foi usado para levantar a área como um todo, mas apenas os pontos de interesse para a análise estatística.

Quadro 4 – Comparativo de tempo

ETAPA	EQUIPAMENTO	
	DRONE	ESTAÇÃO TOTAL
LEVANTAMENTO	30min	2h30min
PROCESSAMENTO	4h48min	40min

Como se pode observar o levantamento com o drone deve um melhor desempenho no levantamento de campo que a estação total. Já ponderando o tempo de processamento a estação deve um melhor desempenho em relação ao drone

Analisando a praticidade dos três métodos, o drone se destaca pois é necessário apenas um operador para seu uso, a qual, necessita apenas programar o plano de voo e marca os pontos de controle de forma que o mesmo se tornem visíveis para o drone. Seguindo, a estação total teve um desempenho menor no levantamento em relação ao drone, um ponto a se destacar foi a necessidade de no mínimo duas pessoas para operar a estação, e sendo utilizado nesse levantamento três operários outro ponto a se destacar é a necessidade de locomoção do teodolito toda vez que o mesmo perdia a visão dos pontos de interesse.

No caso do processamento dos dados a estação total teve um melhor desempenho em relação ao drone devido a menor necessidade de processar os dados, já que o VANT possui a

necessidade de processar todas as imagens tiradas pelo equipamento além da marcação manual dos pontos de controle no software, sendo assim, necessário uma boa placa de processamento para diminuir o tempo.

### 4.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE LEVANTAMENTO

Foram utilizados os dados da coleta do GPS para referenciar as coordenadas e altimetria da estação e do VANT, estes dados podem ser visualizados no APÊNDICE A

Para a análise de tendência foi utilizado o valor teórico da distribuição t student tabelado igual a 1,7823. Agora para a análise de precisão, foi utilizado o valor teórico tabelado de qui-quadrado igual a 6,3038, foram utilizados os valores da tabela 1 para a realização dos cálculos

#### 4.3.1 COMPARATIVO GPS E DRONE

Tabela 3: Discrepâncias E, N e Z GPS/Drone

PONTOS	Discrepâncias		
	GPS/DRONE		
	LESTE	NORTE	ALTIMETRIA
P 00	-0,00866599	0,03196970	0,01156540
P 01	-0,01007470	0,00096299	-0,00228423
P 02	-0,01268070	-0,03035730	0,03989400
P 03	0,00194224	0,02150000	0,06187150
P 04	0,02558360	-0,01023220	-0,01373140
PA1	0,01001710	-0,01068590	-0,02483070
PA2	0,01915990	-0,02906880	0,14156000
PA3	-0,02507420	0,02584980	-0,16369600
CH1	0,03086610	0,05153830	-0,14294000
CH2	-0,03655060	0,00738820	-0,14338800
CH3	0,01697680	-0,03209340	-0,02661130
CH4	0,00193685	-0,00054009	-0,07336780
CH5	-0,00785983	-0,02997320	-0,14218100

Tabela 4: Média e desvio padrão das coordenadas N e E

$\overline{\Delta N} = 0,000288$	$\overline{\Delta E} = 0,000429$
$s_{\Delta N} = 0,027045$	$s_{\Delta E} = 0,019858$
$\hat{t}_{\Delta N} = -0,03837$	$\hat{t}_{\Delta E} = -0,077888$

Tabela 5: Desvio padrão previsto e qui-quadrados amostrais das coordenadas para cada classe

ESCALA	CLASSE	ERRO PADRÃO (EP)	$\frac{Escala}{\sqrt{2}}$	$X_{\Delta N}^2$	$X_{\Delta E}^2$
1000	A	<b>0,170</b>	<b>0,212132</b>	<b>1,529904</b>	<b>1,123312</b>
	B	<b>0,300</b>	<b>0,353553</b>	<b>0,917942</b>	<b>0,673987</b>
	C	<b>0,500</b>	<b>0,424264</b>	<b>0,764952</b>	<b>0,561656</b>
2000	A	<b>0,340</b>	<b>0,424264</b>	<b>0,764952</b>	<b>0,561656</b>
	B	<b>0,600</b>	<b>0,707107</b>	<b>0,458971</b>	<b>0,336994</b>
	C	<b>1,000</b>	<b>0,848528</b>	<b>0,382476</b>	<b>0,280828</b>

Tabela 6: Parâmetros do teste t-Student

T-Student 1:1000			
	Tabela	Calculado	Resultado
TE	1,7823	0,0779	Não Tendencioso
TN	1,7823	-0,0384	Não Tendencioso
TH	1,7823	-1,4320	Não Tendencioso

Tabela 7: Parâmetros Qui-quadrado planimetria escala 1:1000

Qui-Quadrado (90%) - Planimétrico					
	Tabela	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
XE	6,3038	0,3275	0,1052	0,0379	0,0263
XN	6,3038	0,6074	1,5299	0,9179	0,0488

Tabela 8: Parâmetros Qui-quadrado planimetria escala 1:2000

<b>Qui-Quadrado (90%) - Planimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XE</b>	6,3038	0,0819	0,0263	0,0095	0,0066
<b>XN</b>	6,3038	0,1519	0,7650	0,4590	0,0122

Tabela 9: Parâmetros Qui-quadrado altimetria escala 1:1000

<b>Qui-Quadrado (90%) - Altimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XH</b>	6,3038	7,1219	2,2869	0,8233	0,5717

Tabela 10: Parâmetros Qui-quadrado altimetria escala 1:2000

<b>Qui-Quadrado (90%) - Altimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XH</b>	6,3038	1,7805	0,5717	0,2058	0,1429

Com os valores obtidos, pode se aferir que o levantamento não possui tendência nas direções N e E, uma vez que os valores de *t student* calculados tanto na direção norte (N) igual a -0,0384 como na direção leste (E) igual 0,0779, foram menores que o valor teórico de *t student* de 1,782.

No teste de precisão, para a categorização junto a PEC, considerou se a escala calculada e que o qui-quadrado teórico de 6,3038, a qual com a escala de 1:1000, a qual atingiu a classe B, já na escala de 1:2000 já foi possível atingir a classe A

As diferenças dos pontos possuem diversas possíveis causas, tais como, velocidade do vento a qual estava relativamente alta no dia, sombreamento por estruturas e arvores localizadas na região, e qualidade do aparelho, e precisão da marcação dos pontos no software Agisoft Metshape. Outra possível causa é o clima nublado do dia do levantamento do GPS, que pode intervir no sinal do aparelho.

### 4.3.1 COMPARATIVO ESTAÇÃO TOTAL E DRONE

Tabela 11: Discrepâncias E, N e Z GPS/Drone

PONTOS	Discrepâncias		
	ESTAÇÃO/DRONE		
	LESTE	NORTE	ALTIMETRIA
P 00	-0,00266599	0,06796970	0,01456540
P 01	0,04192530	0,05196299	-0,01128423
P 02	0,00031930	-0,01335730	0,03289400
P 03	-0,01205776	0,04750000	0,06187150
P 04	0,00358360	0,05276780	-0,01273140
PA1	0,01701710	0,02931410	-0,03483070
PA2	0,01315990	0,01693120	0,13656000
PA3	-0,00307420	0,03484980	-0,17969600
CH1	0,01686610	0,07253830	-0,14994000
CH2	-0,01355060	0,01038820	-0,15138800
CH3	0,01197680	0,02790660	-0,02061130
CH4	0,02093685	0,00545991	-0,06636780
CH5	0,03014017	0,02502680	-0,15618100

Tabela 12: Média e desvio padrão das coordenadas N e E

$\overline{\Delta N} = 0,033020$	$\overline{\Delta E} = 0,009583$
$s_{\Delta N} = 0,025050$	$s_{\Delta E} = 0,016227$
$\hat{t}_{\Delta N} = 4,752619$	$\hat{t}_{\Delta E} = 2,12921$

Tabela 13: Desvio padrão previsto e qui-quadrados amostrais das coordenadas para cada classe

ESCALA	CLASSE	ERRO PADRÃO (EP)	$\frac{Escala}{\sqrt{2}}$	$X_{\Delta N}^2$	$X_{\Delta E}^2$
1000	A	<b>0,170</b>	<b>0,212132</b>	<b>1,417062</b>	<b>0,917955</b>
	B	<b>0,300</b>	<b>0,353553</b>	<b>0,850237</b>	<b>0,550773</b>
	C	<b>0,500</b>	<b>0,424264</b>	<b>0,708531</b>	<b>0,458977</b>
2000	A	<b>0,340</b>	<b>0,424264</b>	<b>0,708531</b>	<b>0,458977</b>
	B	<b>0,600</b>	<b>0,707107</b>	<b>0,425119</b>	<b>0,275386</b>
	C	<b>1,000</b>	<b>0,848528</b>	<b>0,354265</b>	<b>0,229489</b>

Tabela 14: Parâmetros do teste t-Student

<b>T-Student</b>			
	<b>Tabela</b>	<b>Calculado</b>	<b>Resultado</b>
<b>TE</b>	1,7823	2,1292	Tendencioso
<b>TN</b>	1,7823	4,7526	Tendencioso
<b>TH</b>	1,7823	-1,5561	Não Tendencioso

Tabela 15: Parâmetros Qui-quadrado planimetria escala 1:1000

<b>Qui-Quadrado (90%) – Planimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XE</b>	6,3038	0,2187	0,0702	0,0253	0,0176
<b>XN</b>	6,3038	0,5211	1,4171	0,8502	0,0418

Tabela 16: Parâmetros Qui-quadrado planimetria escala 1:2000

<b>Qui-Quadrado (90%) - Planimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XE</b>	6,3038	0,0547	0,0176	0,0063	0,0044
<b>XN</b>	6,3038	0,1303	0,7085	0,4251	0,0105

Tabela 17: Parâmetros Qui-quadrado altimetria escala 1:1000

<b>Qui-Quadrado (90%) – Altimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XH</b>	6,3038	7,6120	2,4443	0,8799	0,6111

Tabela 18: Parâmetros Qui-quadrado altimetria escala 1:1000

<b>Qui-Quadrado (90%) – Altimétrico</b>					
	<b>Tabela</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>	<b>Classe D</b>
<b>XH</b>	6,3038	1,9030	0,6111	0,2200	0,1528

Com os valores obtidos, pode se aferir que o levantamento possui tendência nas direções N e E, uma vez que os valores de *t student* calculados tanto na direção norte (N) de -4,752619, como na direção leste (E) de 2,12921, foram maiores que o valor teórico de *t-student* de 1,782.

No teste de precisão, para a categorização junto a PEC, considerou se a escala calculada e que o qui-quadrado teórico de 6,3038, a qual com a escala de 1:1000, a qual atingiu a classe B, já na escala de 1:2000 já foi possível atingir a classe A

Da mesma forma as diferenças encontradas entre esses dois métodos possuem suas possíveis causas equivalentes à do método GPS e VANT, entretanto no caso da comparação VANT e Estação é possível ocorrer erro humano no levantamento pela estação, tal como, a falta de prumo nos prismas, mau posicionamento do prisma e até mesmo a influência do vento.

#### **4. CONCLUSÃO**

A comparação entre os métodos de levantamento topográficos demonstra uma proximidade entre os resultados das curvas de nível obtidas pela estação e pelo VANT, salvo casos de vegetação abundante, sendo o VANT melhor aproveitado em superfícies sem interferências. Um ponto positivo presente no VANT é sua capacidade de gerar o ortomosaico exclusivo para este método, de forma que o ortomosaico pode ser utilizado para diversos fins, tais como, monitoramento, e análise da região.

É notável uma pequena variação nas coordenadas e alturas fornecidas pelo VANT em comparação aos demais métodos, essa diferença tende a diminuir com melhores equipamento e a evolução dos atuais, tais equipamentos e evoluções também afetam o tempo de processamento das imagens, ponto de maior lentidão no processamento dos dados do VANT, desta forma compensando uma boa parcela de tempo proveniente desta etapa prejudicial ao desempenho deste método.

A comparação dos pontos comuns entre o VANT, Estação total e GPS RTK, nas coordenadas UTM e altimétricas, tiveram seus resultados validados pela análise estatística através dos valores tabelados das tabelas 1 e tabela 2, da PEC PCD, na escala de 1:2000, sendo assim validando seu uso para levantamento topográfico.

## 5. REFERENCIAS

Segantine, Paulo C.L. – 1.ed – Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

Potenciano, J. Carvalho, de O. Análise Comparativa de Levantamento Planimétricos –Topografia Convencional, GPS e Drone (Monografia de Bacharelado em Engenharia Civil). Goiania: UFG, 2018

Luis A. K. Veiga/Maria A. Z. Zanetti/Pedro L. Faggion. Fundamentos da Topografia 2007

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133/94: Execução de levantamento topográfico. ABNT, 1994, Rio de Janeiro – RJ.

Corrêa. Topografia Aplicada à Engenharia Civil 17ª Revisão 2016

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13133/94: Execução de levantamento topográfico. ABNT, 1994, Rio de Janeiro – RJ.

ISSO – International Organization for Standardization. Optics and optical instruments - Ancillary devices for geodetic instruments. ISSO, 1994.

E. R. O. Barros. As Potencialidades e Limitações do uso de Vant no Monitoramento de Faixas de Domínio de Rodovias Federais

TECNOSAT. Base nivelante com prumo otico  
<<https://www.tecnosat.com.br/tecnosat/base-nivelante-com-prumo-otico/>> Acesso em 30 de abr. de 2019

Espartel, L. Curso de Topografia. 9 ed. Rio de Janeiro, Globo, 1987.

Krueger, C.T.; GNSS – Parte IX (1/46). Laboratório de Geodésia Espacial e Hidrografia. Universidade Federal do Paraná. 2011. 46p. Disponível

Seeber, G. Satellite Geodesy: foundations, methods, and applications. Berlin: Walter de Gruyter, 2003, .589.p

Monico, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Ed. da UNESP, 2008, 476 .p

Santos, L. F. B. Avaliação de Modelo Digital de Terreno Gerado Através de VANT em Planícies Pantaneiras (Monografia de Bacharelado em Engenharia Florestal). Cuiabá, UFMG, 2016

Redweik, P. Fotogrametria Aérea. Departamento de engenharia geografica, geofisica e energia. ULISBOA 2007

Silva, D.C. Evolução da Fotogrametria no Brasil. (Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação). Recife, UFR, 2015

Galo e Camargo. Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. Presidente prudente, UNESP-FCT,1994.

## 7. ANEXOS

Tabela A1: Coordenadas UTM e altimetria obtidas por estação e GPS dos pontos observados.

PONTOS	Levantamento Estação Total			Levantamento GPS		
	LESTE	NORTE	altimetria	LESTE	NORTE	altimetria
P 00	793.436,133	8.875.115,929	277,459	793.436,127	8.875.115,893	277,456
P 01	793.364,032	8.875.033,150	278,499	793.363,980	8.875.033,099	278,508
P 02	793.277,997	8.875.109,776	272,027	793.277,984	8.875.109,759	272,034
P 03	793.312,005	8.875.162,676	272,315	793.312,019	8.875.162,650	272,315
P 04	793.394,601	8.875.167,559	273,993	793.394,623	8.875.167,496	273,992
PA1	793.400,042	8.875.113,833	279,127	793.400,035	8.875.113,793	279,137
PA2	793.377,916	8.875.119,265	281,846	793.377,922	8.875.119,219	281,851
PA3	793.335,536	8.875.131,889	273,559	793.335,514	8.875.131,880	273,575
CH1	793.352,677	8.875.151,458	272,961	793.352,691	8.875.151,437	272,968
CH2	793.300,400	8.875.111,072	272,118	793.300,377	8.875.111,069	272,126
CH3	793.346,127	8.875.112,043	278,575	793.346,132	8.875.111,983	278,569
CH4	793.345,059	8.875.096,034	278,426	793.345,040	8.875.096,028	278,419
CH5	793.378,666	8.875.090,221	278,658	793.378,628	8.875.090,166	278,672

Tabela A2: Coordenadas UTM e altimetria obtidas por VANT dos pontos observados.

PONTOS	Levantamento VANT		
	LESTE	NORTE	altimetria
P 00	793.436,136	8.875.115,861	277,444
P 01	793.363,990	8.875.033,098	278,510
P 02	793.277,997	8.875.109,789	271,994
P 03	793.312,017	8.875.162,629	272,253
P 04	793.394,597	8.875.167,506	274,006
PA1	793.400,025	8.875.113,804	279,162
PA2	793.377,903	8.875.119,248	281,709
PA3	793.335,539	8.875.131,854	273,739
CH1	793.352,660	8.875.151,385	273,111
CH2	793.300,414	8.875.111,062	272,269
CH3	793.346,115	8.875.112,015	278,596
CH4	793.345,038	8.875.096,029	278,492
CH5	793.378,636	8.875.090,196	278,814

## 8. COPYSPIDER

The screenshot shows the CopySpider application window. At the top, there is a menu bar with 'Ferramentas' and 'Ajuda'. Below it is a toolbar with icons for 'Arquivos', 'URLs', 'mailto', 'FTP', 'Jpeg', 'Ogylis', and 'Sobres'. The main area contains a search bar with the email 'iagoza.honorato72@gmail.com' and a search mode dropdown set to 'Modo de pesquisa'. Below the search bar is a table with the following columns: 'Nome de arquivo de entrada', 'Relatório', 'Tempo', 'Progresso', 'Chance', 'Status', 'Principal', and 'Remover'. The table contains one row of data:

Nome de arquivo de entrada	Relatório	Tempo	Progresso	Chance	Status	Principal	Remover
C:\Users\Tajana\Downloads\loc em entrega final (1).pdf	Analisar	00:09:03	100%	2,00%	OK		X

At the bottom of the window, there is a banner for 'APOIA.se' with the text 'Torne-se um Apoiador e tenha acesso a licenças exclusivas com todos os recursos do CopySpider.' and a version number 'Versão 1.0.3' in the bottom right corner.