



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS VIII - ARARUNA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLOGIA E SAÚDE**  
**COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUCAS CAVALCANTE COSTA**

**GEOTECNOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL: UM COMPARATIVO ENTRE  
A TOPOGRAFIA CONVENCIONAL E A REALIZADA POR MEIO DE VANTS**

**ARARUNA - PB**

**2021**

**LUCAS CAVALCANTE COSTA**

**GEOTECNOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL: UM COMPARATIVO ENTRE  
A TOPOGRAFIA CONVENCIONAL E A REALIZADA POR MEIO DE VANTS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Topografia.

**Orientador:** Prof. Me. William Vieira Gomes

**ARARUNA – PB**

**2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

C837g Costa, Lucas Cavalcante.  
Geotecnologia na engenharia civil [manuscrito] : um comparativo entre a topografia convencional e a realizada por meio de vants / Lucas Cavalcante Costa. - 2021.  
48 p. : il. colorido.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde , 2021.  
"Orientação : Prof. Me. William Vieira Gomes ,  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Topografia. 2. Levantamento altimétricos. 3. Engenharia civil. 4. Precisão. I. Título

21. ed. CDD 526.98

**LUCAS CAVALCANTE COSTA**

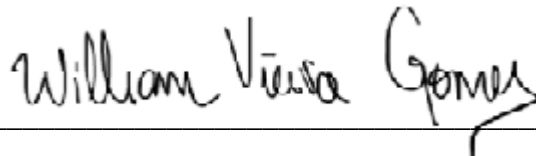
**GEOTECNOLOGIA NA ENGENHARIA CIVIL: UM COMPARATIVO ENTRE  
A TOPOGRAFIA CONVENCIONAL E A REALIZADA POR MEIO DE VANTS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil na Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial para a Obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Topografia

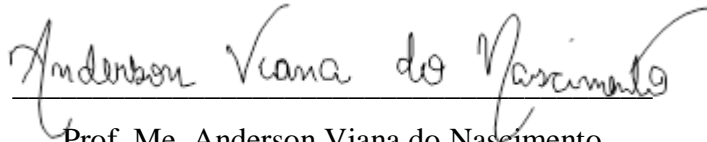
Aprovado em: 16/12/2021

**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. William Vieira Gomes (Orientador)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Anderson Viana do Nascimento

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Manoel Mariano da Silva Neto

Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Prof. William Vieira Gomes, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio e em especial minha namorada, Germana, e minha amiga Paula que foram essenciais nessa trajetória.

E por fim, a Deus, que me guia até aqui no que eu faço e no que sou.

## RESUMO

Os avanços tecnológicos têm possibilitado que uma gama de equipamentos possa ser utilizada para a realização de levantamento de dados topográficos, de maneira mais rápida, com um menor custo e maior praticidade de manuseio. Nesse sentido o presente trabalho busca comparar os produtos altimétricos e planimétricos procedentes da aerofotogrametria por Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) com a Topografia convencional, a partir de uma revisão integrativa de literatura (RIL). Diante disso, construiu-se uma base de dados composta por 82 artigos. Posteriormente, efetuou-se a análise dos estudos, e, destes, 10 foram incluídos na amostra final, após análise constatou-se que o uso do VANT é vantajoso, por permitir a otimização de tempo no levantamento de áreas extensas, fornecer maior quantidade de dados, e possuir menor custo. Assim, as informações geradas por VANTs é promissora, mesmo que apresente obstáculos no que tange à normalização e ao tratamento dos produtos fornecidos. Em contraponto, os levantamentos topográficos convencionais, por vezes, consomem muito tempo, tornando-os mais onerosos em relação a novos métodos, e podem ser operacionalmente complexos, por requererem o uso de equipamentos específicos e de uma ou mais equipes de campo tecnicamente capacitadas. Os resultados aqui apresentados não encerram as investigações acerca dos temas analisados, e podem servir de ponto de partida para novas investigações.

**Palavras-chave:** Aerofotogrametria. Levantamento altimétricos. Levantamento planimétricos. Precisão. Custo.

## **ABSTRACT**

Technological advances have made it possible for a range of equipment to be used to carry out surveying topographic data, faster, with a lower cost and greater practicality in handling. In this sense, the present work seeks to compare the altimetric and planimetric products from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) aerophotogrammetry with conventional topography, based on an integrative literature review (ILR). Therefore, a database consisting of 82 articles was built. Subsequently, the analysis of the studies was carried out, and, of these, 10 were included in the final sample, after analysis it was found that the use of the UAV is advantageous, as it allows the optimization of time in the survey of large areas, providing a greater amount of data, and have a lower cost. Thus, the information generated by UAVs is promising, even if it presents obstacles in terms of standardization and treatment of the supplied products. On the other hand, conventional topographic surveys sometimes consume a lot of time, making them more costly compared to new methods, and can be operationally complex, as they require the use of specific equipment and one or more technically trained field teams. The results presented here do not end the investigations about the analyzed themes, and can serve as a starting point for further investigations.

**Keywords:** Aerophotogrammetry. Altimetric surveying. Planimetric survey. Precision. Cost.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Fluxograma das etapas da revisão Integrativa de Leitura (RIL) .....	21
<b>Figura 2 -</b> Fluxograma da busca e seleção de artigos .....	23
<b>Figura 3 -</b> Câmera (A), controle com tablet (B) e o VANT Phantom 3 Professional (C) .....	32
<b>Figura 4 –</b> Modelo Digital de Superfície (MDS) (A) e Modelo Digital do Terreno (MDT) (B) .....	33
<b>Figura 5 -</b> Hipsometria da bacia experimental do rio Saci, município de Rio Negrinho – SC, e pontos de validação .....	34
<b>Figura 6 -</b> Altimetria do Modelo Digital do Terreno (MDT) e altimetria dos pontos de validação em relação à linha de tendência .....	34
<b>Figura 7 -</b> Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo MAVIC Pro da DJI .....	35
<b>Figura 8 -</b> Número de imagens sobrepostas do ortomosaico .....	36
<b>Figura 9a -</b> Ortomosaico proveniente do aerolevanteamento com VANT .....	37
<b>Figura 9b -</b> Número de imagens sobrepostas do ortomosaico .....	38



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1-</b> Definição dos descritores conforme idioma .....	22
<b>Quadro 2 -</b> Distribuição dos trabalhos quanto ao número do estudo, à base de dados, à autoria, ao ano de publicação, o título original e o periódico .....	24
<b>Quadro 3 -</b> Comparação da qualidade dos dois métodos para a monitorização de áreas de extração de rochas ornamentais .....	38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1-</b> Comparação de altimetria dos pontos de controle .....	30
<b>Tabela 2 -</b> Médias dos Levantamentos de Altimetria dos pontos de controle realizados com VANT e Estação Total .....	30
<b>Tabela 3 -</b> Comparação do tempo de levantamento topográfico obtidas por VANT e Estação Total .....	37

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>12</b>
2.1	OBJETIVO GERAL .....	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
3.1	GEOTECNOLOGIAS.....	13
3.2	GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À COLETA DE DADOS DE CAMPO .....	14
3.2.1	Topografia e Geotecnologias.....	16
3.3	IMPRECISÕES DAS GEOTECNOLOGIAS .....	20
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
4.1	PROCEDIMENTOS DA PESQUISA .....	22
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
5.1	ANÁLISE DA APLICABILIDADE DOS VANTS NA ENGENHARIA CIVIL .....	25
5.2	COMPARAÇÃO ENTRE A TOPOGRAFIA CONVENCIONAL E O VANT PARA FINALIDADE TOPOGRÁFICA .....	28
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>40</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As geotecnologias são instrumentos importantes para obtenção e análise de dados empregados no planejamento da infraestrutura urbana e preservação do meio ambiente, uma vez que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, que além de serem difundidas no meio acadêmico e político territorial, foram incorporadas também ao cotidiano da sociedade globalizada (FIALHO, 2013).

A expansão na utilização das geotecnologias propiciou aos engenheiros meios para o levantamento de informações geográficas de entidades físicas, como topografia, clima e tempo, propriedades do solo, propriedades geológicas, cobertura e uso da terra, hidrografia e qualidade da água, de forma que garantam rapidez e qualidade na concepção dos produtos, como dados temáticos, cadastrais, em redes, Modelos Numéricos de Terreno e imagens (SILVA et al., 2015).

Por meio da Topografia são realizados estudos dos acidentes geográficos através de medidas altimétricas e planimétricas, visando representá-los graficamente em cartas ou plantas topográficas, determinando analiticamente as medidas de área e perímetro, localização, orientação, variações no relevo, a delimitação de uma área, terreno ou de propriedade de forma precisa. As informações podem ser obtidas por meio de geotecnologias, como Estação Total, *Global Positioning System* (GPS), Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS) e Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012; ALMEIDA et al., 2012).

A topografia convencional é bastante empregada para levantamentos de alta precisão. Com o emprego de Estação Total, é possível produzir levantamentos planialtimétricos com precisão milimétrica e executar materializações em campo. Com o progresso tecnológico, surgiram também equipamentos com medição sem prisma, que são capazes de coletar pontos onde os prismas não alcançam, como as Estações Totais que executam serviços sem a necessidade de manuseio por trás do equipamento e também os Lasers Scanners, que são a evolução das Estações Totais e coletam milhares de pontos por segundo, podendo gerar uma nuvem de pontos com muita precisão e com agilidade nos levantamentos (ALMEIDA et al., 2016).

O Sistema GNSS RTK coleta dados geoespaciais a fim de obter coordenadas precisas, tanto em modo estático (pós-processado) como em modo cinemático por meio do RTK (*Real Time Kinematic*). Esse equipamento executa levantamentos e locações de

pontos através do processamento de sinais recebidos por satélites que nos trabalhos de engenharia são empregados para elaboração de plantas de levantamentos planialtimétricos e materializações de projetos em campo (LI et al., 2018).

Ao longo dos anos, o avanço tecnológico tem disponibilizado equipamentos de sensoriamento remoto para levantamento de dados mais rápido aliado a um menor custo e maior praticidade de manuseio, como o VANT que é capaz de gerar Modelo Digital de Terreno de alta acurácia. Esses equipamentos possuem câmeras embutidas com a finalidade de obter imagens aéreas que são capazes de gerar dados topográficos com mais detalhes comparados aos levantamentos realizados de forma convencional, como por exemplo Estação Total e GNSS, além da utilidade da própria imagem gerada. Em poucos minutos, o VANT realiza um trabalho que demoraria dias com equipamentos topográficos convencionais (EISENBEISS; ZHAND, 2006).

Em suma, o VANT se torna interessante para resolver problemas de precisão em cálculos de volumes, produtividade e níveis de detalhes nos levantamentos planialtimétricos. Em contrapartida, pode impactar nos custos do projeto, visto que é bem provável que o VANT não substitua os equipamentos convencionais em determinadas etapas de uma obra, sendo necessária a complementação da medição com os equipamentos tradicionais, pois podem surgir diversos fatores que geram limitações para os levantamentos aéreos (NEX & REMONDINO, 2014).

Assim, diversos estudos vêm investigando o uso de VANT em levantamentos aerofotogramétricos como uma alternativa viável ao levantamento topográfico convencional, explorando sua regulamentação, a caracterização de aeronaves, o processamento de imagens, o tratamento de dados e, finalmente, os produtos gerados.

Entretanto, a diversidade de plataformas, de equipamentos associados, de métodos de coleta e de processamento de dados mostra que ainda são necessários estudos para o aprimoramento dos métodos, visando a qualidade e acurácia dos dados espaciais gerados (MAGALHÃES; MOURA, 2021). Tudo isso justifica a realização de estudos e pesquisas, visando comparar as possibilidades e limitações dessas geotecnologias, a fim de criar bases científicas que podem servir como parâmetros para utilização dos dados gerados.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Comparar os produtos altimétricos e planimétricos, oriundos da aerofotogrametria por VANT, com a topografia convencional, com base nos custos envolvidos, tempo de execução de levantamentos e precisões alcançadas.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Discutir o uso de geotecnologias no âmbito da engenharia civil;
- Identificar os principais métodos de levantamento topográfico empregados;
- Analisar os aspectos positivos e negativos associados aos métodos tradicionais e ao VANT.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 GEOTECNOLOGIAS

Compreende-se por geotecnologias o conjunto de técnicas utilizadas para obtenção de dados de determinado local geográfico com o objetivo de processá-los e analisá-los (PERES FILHO; LAMMLE; MOREIRA, 2020). De acordo com Oliveira e Melo (2020), por meio delas é possível avaliar as transformações decorrentes no espaço, bem como identificar os possíveis impactos consequentes do uso e ocupação do solo.

As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, *software*, *dataware* e *peopleware* que juntas constituem poderosas ferramentas para tomadas de decisões (CHUERUBIM; PAVANIN, 2013). Nesse contexto, Zaidan (2017) elenca as seguintes geotecnologias aplicadas no geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas (SIG), Cartografia Digital ou Automatizada, Sensoriamento Remoto por Satélites, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Aerofotogrametria, Geodésia, Topografia Clássica, entre outros.

Segundo Zaidan (2017), geoprocessamento é definido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais que vão desde a coleta e entrada de dados, até o armazenamento e processamento a fim de gerar informações espaciais (georreferenciadas) e até mesmo gerar novos dados. Assim, a utilização do geoprocessamento atrelado ao uso do SIG permite avaliar adequadamente as transformações decorrentes no espaço geográfico (PRESTES; LOPES; SACRAMENTO, 2015).

Os SIGs, por sua vez, podem ser definidos conforme Santos (2007) como um conjunto de técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes (imagens de satélites, mapas, cartas climatológicas, censos etc), adquirindo, armazenando, analisando e exibindo dados geográficos com o auxílio de computadores. A utilização desse sistema é cada vez mais necessária na análise do espaço geográfico, sobretudo em áreas onde há um grande número de dados manipulados, auxiliando também na definição das áreas de influência em um projeto (ESCOLANO; PASTORE; PEREIRA, 2020).

Segundo Ribeiro (2000), a informação geográfica (relacionada a fenômenos georreferenciados) inclui dados quantitativos e qualitativos relacionados a objetos e fenômenos físicos e humanos que estão espacialmente distribuídos na superfície da terra.

Elas podem ser encontradas em arquivos estáticos (como simulações ou gráficos regulares) ou arquivos dinâmicos (como informações fornecidas pelo SIG).

O geoprocessamento envolve pelo menos quatro tipos de tecnologias relacionadas ao processamento da informação espacial (ROSA; BRITO, 1996):

I. Tecnologia para a recolha de informação espacial (mapeamento, sensoriamento remoto, fotogrametria, GPS, topografia, levantamento de dados alfanuméricos);

II. Tecnologia de armazenamento de informação espacial (banco de dados orientado a objetos, relacional, hierárquico, etc.);

III. Tecnologias de processamento e análise de informações espaciais (modelagem de dados, geoestatística, operações lógicas, funções topológicas, redes, etc.);

IV. Uso abrangente de tecnologias de informação espacial, tais como SIG, Sistema de Informação Terrestre (SIT), AM/FM-Mapeamento Automático/Gerenciamento de Instalações, Mapeamento e Projeto Auxiliado por Computador (CADD).

O banco de dados espacial fornece o conceito de rastreamento de objetos em um espaço multidimensional, por exemplo, um banco de dados cartográfico que armazena um mapa irá inserir uma descrição bidimensional de seu espaço de objeto - países, estados, rios, cidades, estradas, oceanos, etc. Assim, eles armazenam feições que descrevem suas características espaciais, sendo a principal extensão exigida, um modelo que possa explicar as características espaciais e, por vezes se faz necessários índices especiais e estruturas de armazenamento para melhoria do seu desempenho (RAMEZ; NAVATHE, 2005).

### 3.2 GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À COLETA DE DADOS DE CAMPO

Também conhecidos popularmente como drones, os VANTs deixaram de ser empregados apenas com finalidades de lazer e se tornaram uma geotecnologia indispensável. Devido à facilidade de locomoção, movimentação vertical e horizontal, alcance adequado e coleta fácil de aerofotografias, esse equipamento pode ser incorporado ao processo de gerenciamento do projeto de construção civil. Conforme Silva



et al. (2014), atualmente há uma grande facilidade para aquisição de um VANT e, apesar da alta tecnologia, um sistema completo desse equipamento tem um custo significativamente baixo quando comparado a um sistema aerofotogramétrico convencional.

Hung et al. (2018) explicam que os VANTs se constituem como um conjunto de intervenções que tem como a principal finalidade de obter imagens aéreas de um local através de uma câmera acoplada, sendo necessário o registro e análise dos dados obtidos. Eles podem ainda capturar sequências de imagens que são processadas via programa até a geração de produtos cartográficos como plantas topográficas, nuvens de pontos, modelos digitais de terreno e de superfície, ortofotos, que podem transmitir informações de distâncias, volume e alturas de objetos.

Para Angelov (2012), atualmente existe uma ampla variedade de modelos de VANTs no mercado, com particularidades e usos específicos, que são rotulados de acordo com suas características técnicas, como materiais usados na fabricação, peso, tamanho, aerodinâmica, execução, tempo de voo, etc. Por esse motivo, alguns deles possuem aplicação própria em entretenimento, enquanto outros estão mais voltados para o uso militar, em agronomia, engenharia e outros campos (SILVEIRA et al., 2018).

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2016) regula a altitude de voo em áreas rurais e urbanas, segundo ela, VANTs com peso de até 25 kg podem voar a uma distância de até 400 pés ou aproximadamente 120 m verticalmente, desde que ocorra ao longo do campo de visão do piloto. Além disso, o voo deverá ser diurno, com o piloto mantendo contato visual constante com o equipamento, a uma distância de, pelo menos, 5 km do aeroporto.

Com o advento dos VANTs, é possível aumentar a velocidade de execução do projeto e controlar melhor os dados coletados (SILVEIRA et al., 2018). O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de Minas Gerais (IBAPE/MG, 2019) afirma que os VANTs têm se tornado uma importante ferramenta na gestão da construção civil pela praticidade, facilidade de acesso a certos locais e alta resolução de imagens e vídeos.

Um modelo de VANT acoplados com Sistema de Posicionamento Global (GPS) e uma câmera é capaz de concluir uma tarefa que levaria semanas sem o auxílio do mesmo. Ao mesmo tempo, tendo em vista os fatores econômicos em ascensão, o mercado da construção civil busca utilizar-se dessas ferramentas para dar suporte e parâmetros técnicos a todo o processo para uma análise mais aprofundada de possíveis problemas

futuros, além de gerenciar o desenvolvimento desse processo por meio de indicadores e soluções de mitigação (FERREIRA, 2017).

Segundo Pedreira (2017), a qualidade dos modelos de dados de elevação é fundamental para o uso na engenharia civil, pois o diagnóstico deles fornece dados importantes, como imagens detalhadas, geração de contornos, mapas de drenagem, cálculos, quantidade de escavação, enchimento etc.

De acordo com Coutinho (2016), as imagens e dados processados por VANTs e softwares não só possuem características técnicas, mas também contribuem para a gestão global de todo o projeto. No Brasil, os construtores têm explorado o uso de VANTs na construção civil para registrar obras, monitorar o progresso físico e promover a venda de imóveis (TÉCHNE, 2014). Órgãos públicos como o CREA (Comissão Regional de Engenharia e Arquitetura) também utilizam o equipamento para fiscalizar projetos de infraestrutura.

Normalmente, o monitoramento e fiscalização das obras civis são realizados por fiscalização visual, que prevê certas restrições de acesso técnicos responsáveis, principalmente em barragens, torres, pátios frigoríficos, igrejas e até mesmo onde haja muitos edifícios em que o equipamento de elevação é imprescindível para execução do serviço, mesmo que sejam locais de difíceis acesso, o VANT pode ajudar nesse monitoramento (MORGENTHAL; HALLERMANN, 2014).

### 3.2.1 Topografia e Geotecnologias

Com base em Nucci, Moreira e Lopes (2011), a topografia pode ser entendida como parte da Geodésia, ciência que objetiva determinar a forma e dimensões da Terra. Ela é dividida em Topometria que estuda os processos clássicos de medição de distâncias, ângulos e desníveis, com o objetivo de determinar posições relativas de pontos e a Topologia, que tem por finalidade estudar as formas exteriores do terreno e das leis que regem o seu modelado (NUCCI; MOREIRA; LOPES, 2011). A topografia trabalha em paralelo com as técnicas de mensuração geodésicas, que “visam determinar a ocorrência de variações de um ponto ou de um conjunto destes em relação às suas coordenadas” (SILVA JUNIOR et al., 2021, p.139).

Os serviços topográficos têm uma grande importância para a engenharia, sendo um dos instrumentos mais utilizados na construção, na viabilidade de estudos e implantação de projetos (ROCHA; GASPAR, 2019). Segundo Piranha e Isernhagen

(2018), a topografia coopera para a execução de projetos e obras, desde a obtenção de dados até a sua execução, tendo um emprego amplo, tornando o serviço mais preciso e confiável.

De acordo com Rocha e Gaspar (2019), o grande avanço tecnológico tem favorecido os serviços de topografia, incorporando a medição ao registro de informações coletadas em uma superfície terrestre, e mesmo que instrumentos convencionais como a trena e o teodolito ainda sejam muito utilizados, os equipamentos tecnológicos atuais totalmente eletrônicos como os VANTs e os GPSs portáteis, conciliados ao uso do computador, facilitam a obtenção dos dados levantados em campo e a produção de mapas em um curto período de tempo.

Antes do início de um empreendimento é realizado o levantamento topográfico, orientado pela norma ABNT NBR 13.133:1994 - Execução de levantamento topográfico, a qual trata dos levantamentos de terreno, como as dimensões, limites, marcos existentes e também complementa e colabora com o serviço de planialtimétrico, onde irá se obter informações de distâncias e angulações horizontais do relevo do terreno, auxiliando na elaboração do projeto e serviços de terraplanagens (PIRANHA; ISERNHAGEN, 2018).

Para Gabriel, Amaral e Campos (2018, p.3) “os levantamentos topográficos podem ser divididos em planimétrico, altimétrico e planialtimétrico, cujo objetivo é o de estudar a representação de um terreno em um plano e o altimétrico, cujo interesse é o relevo do terreno “. De acordo com mesmos autores, com o uso da automação topográfica as medidas se tornaram mais precisas e o processo de medição mais fácil, aumentando assim, a produtividade.

Um dos principais objetivos da topografia é a determinação de coordenadas relativas de pontos que são expressas em um sistema de coordenadas. No espaço bidimensional, um sistema bastante utilizado é o sistema de coordenadas retangular ou cartesiano, esse possui eixos ortogonais no plano, constituído de duas retas orientadas X e Y, perpendiculares entre si, de modo que a origem desse sistema é o cruzamento dos eixos (NUCCI; MOREIRA; LOPES, 2017).

Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), “ao representar uma parte da superfície terrestre em um plano ou mapa, o que se busca é que a representação seja o mais fiel possível à descrição, onde cada ponto do plano representa um ponto do terreno, e vice-versa”. Portanto, é ideal usar coordenadas para esse fim. Na extensão do levantamento geodésico, as coordenadas são dadas em latitude, longitude e

altitude e são utilizadas principalmente para trabalhos cartográficos, como as cartas cartográficas e mapas, cobrindo uma grande área.

Coordenadas geográficas e coordenadas geodésicas são muito semelhantes porque ambas são representadas por latitude e longitude. No entanto, a diferença está nas respectivas referências. As coordenadas geográficas são baseadas em um modelo esférico, enquanto as coordenadas geodésicas são baseadas em um modelo elipsoide (LOCH; CORDINI, 2000). Ambos usam o sistema de latitude e meridiano, e a linha horizontal imaginária é paralela à Terra, partindo do equador, até os polos norte e sul. Por outro lado, o meridiano é uma linha imaginária vertical que se cruza e se paralela a noventa graus na terra, para cada um deles há pré-meridiano correspondente (ZIMMERMANN, 2015).

A Norma Brasileira NBR 13.133/1994 que trata da Implementação de Levantamentos, define levantamentos topográficos como:

Conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumental adequado à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. A estes pontos se relacionam os pontos de detalhes visando à sua exata representação planimétrica numa escala predeterminada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também predeterminada e/ou pontos cotados (ABNT, 1994, p. 3).

Para Espartel (1978), os levantamentos topográficos, quando vistos como um procedimento, são divididos em duas etapas:

I. **Levantamento de campo:** Essa etapa pode ser considerada puramente geométrica, medindo ângulo, distância e altura, usando métodos topográficos tradicionais ou fotogrametria aérea para determinar a localização de pontos significativos no terreno;

II. **Elaboração de um plano:** etapa denominada arte desenvolvida no escritório, e os dados obtidos em campo são processados e representados no plano. Tenta especificar tudo o que existe na área de levantamento, como rios, estradas, edifícios, vegetação e os contornos que permitem visualizar o terreno da área.

A NBR 13.133/1994 estipula que os levantamentos topográficos utilizados para qualquer finalidade devem incluir, no mínimo, as seguintes etapas:

- Planejamento, seleção de métodos e equipamentos;
- Suporte de terreno;

- Investigação detalhada;
- Cálculo e ajuste;
- Topografia original;
- Projeto final do terreno;
- Relatórios Técnicos.

Levando em consideração todas as etapas, pode-se notar que um grande número de procedimentos deve ser realizado para se obter o suporte topográfico necessário para os projetos implementados na área de levantamento. Profissionais topográficos devem ser experientes e capazes de discernir os dados importantes coletados para um determinado levantamento, dependendo de sua finalidade.

É válido enfatizar a importância de considerar a precisão necessária durante a fase de investigação e ao fazer planos. Tudo o que for representado será a base de projetos futuros, erros em qualquer etapa levarão a resultados negativos, o que implica em custos elevados ou desnecessários.

Além da seleção correta do equipamento, uma série de cuidados devem ser tomados durante o uso. Estes não podem ser afetados por clima severo, como forte luz do sol ou chuva; devem ser transportados adequadamente; não podem ser impactados; e devem ser manuseados com cuidado porque são relativamente sensíveis. Como todos os instrumentos de medição, eles devem ser verificados regularmente por profissionais qualificados que irão emitir certificados de calibração para garantir que o equipamento opere dentro da faixa de precisão informada pelo fabricante para o tempo especificado.

Também é recomendado que o operador meça a distância e o ângulo conhecidos antes de começar a trabalhar todos os dias para que ele entenda a condição atual do equipamento e envie para verificar se há mais diferenças significativas no sinal. Esta abordagem pode parecer irrelevante, mas no final, esses erros podem representar enormes custos e atrasos em obras ou serviços.

As condições ambientais no local durante o processo de construção também devem despertar grande atenção. O vento impossibilita várias tarefas, principalmente quando a precisão dos equipamentos é maior, como medidores de nível e teodolitos. O operador deve estar ciente de que quando ele sopra com muita força, o dispositivo fica instável e, portanto, pode não efetuar as leituras de forma confiável.

Loch e Cordini (2000) apontaram que "os fabricantes usam condições padrão para variáveis ambientais, incluindo: temperatura do ar seco, pressão atmosférica e a

porcentagem de gases misturados na atmosfera". Portanto, cabe ao profissional usar o bom senso para corrigir esses parâmetros e alterar seus valores nos equipamentos ou cálculos que venha a realizar.

### 3.3 IMPRECISÕES DAS GEOTECNOLOGIAS

Em todo levantamento topográfico, independente do equipamento utilizado para aquisição de dados, haverá imprecisões. Embora sejam pequenas, em cada caso devem ser aplicadas as correções necessárias. A ABNT NBR 13.133:1994 fornece algumas definições relacionadas, incluindo exatidão que diz que o grau de concordância entre o valor observado e o seu valor verdadeiro. No caso de desconhecido, o valor mais provável é considerado a média aritmética dessas observações e precisão que fala um valor que indica o grau de dependência mútua dos resultados da observação.

Vega et al. (2007) acreditam que os erros têm uma série de origens e, no âmbito da medição realizada *in loco*, podem ser atribuídos aos instrumentos, as condições pessoais e ambientais, podendo ainda ser classificados como totais, sistemáticos e aleatórios.

Em termos de ferramentas, o erro é causado devido as imperfeições da estrutura do equipamento ou de seus ajustes, podendo-se reduzi-los detectando e controlando seus hábitos existentes, calibrando e corrigindo os equipamentos e usando métodos de medição que permitam reduzir os efeitos dos erros. Nesse contexto, as condições de temperatura podem, por exemplo, alterar o comprimento de uma fita métrica, gerando um erro.

Já os erros pessoais, são causados por falhas humanas, como desatenção e fadiga durante o processo de medição. Erros grosseiros são causados por leituras incorretas do instrumento, reconhecimento incorreto do alvo ou rotulagem numérica incorreta. Uma forma de evitar esses erros é repetir as leituras durante a operação do equipamento (VEGA et al., 2007)

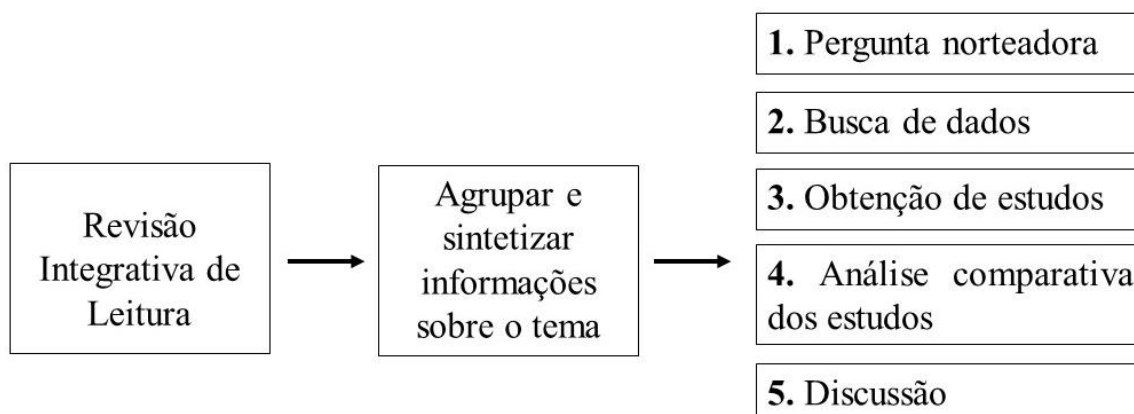
A engenharia civil possui um leque muito amplo de normas técnicas e manuais, que podem fornecer sugestões para projetos e trabalhos em diversas áreas. No âmbito das questões discutidas neste artigo, estes materiais devem ser consultados para obter aconselhamento sobre boas práticas na concepção de projetos, nomeadamente orientações, tolerâncias permitidas ou erros e métodos recomendados.

## 4 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foi realizado uma revisão integrativa de literatura (RIL), a fim de agrupar e sintetizar informações disponíveis em bases de dados eletrônicas. Esse tipo de trabalho consiste em um método de pesquisa, cujo intuito é desenvolver uma análise sobre um tema já investigado, sobre o qual há trabalhos na literatura. A partir dela é possível criar novos conhecimentos científicos analisando e sintetizando estudos já publicados (GOMES; LONGO, 2020).

Assim, realizou-se as cinco etapas de uma RIL, de acordo com a Figura 1. A primeira foi caracterizada pela elaboração da pergunta norteadora, sendo a fase mais importante, pois é a partir dessa pergunta que serão incluídos os melhores estudos, baseados nas informações coletadas e nos meios escolhidos para a identificação dessas pesquisas.

**Figura 1-** Fluxograma das etapas da revisão Integrativa de Leitura (RIL)



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

Posteriormente, foi realizado a fase de busca em bases de dados na literatura e, terceiro, a coleta de dados dos trabalhos selecionados. Essas etapas são essenciais para demonstrar resultados fidedignos, correlacionando-os com a pergunta norteadora. A quarta fase consistiu na análise comparativa dos estudos, em que ocorre a organização rigorosa das informações. A última fase compreendeu a discussão dos resultados (MENDES et al., 2008; GOMES; LONGO, 2020).

Com fundamento no conceito de RIL e no conhecimento de suas etapas, elaborou-se a questão norteadora: “Quais as vantagens dos produtos altimétricos e planimétricos oriundos da aerofotogrametria por VANT em comparação com a Topografia

convencional, com base no tempo demandado de levantamento e custo nas aplicações?”. Partindo-se desse pressuposto, iniciou-se a busca de evidências.

#### 4.1 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

O levantamento bibliográfico foi realizado a partir de pesquisa nos bancos de dados depositados em plataformas científicas, como: *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO), Portal de Periódicos CAPES e *Google Acadêmico*. A escolha de cada uma dessas bases foi realizada a partir da necessidade de se apurar a produção em engenharia civil sobre o tema em questão.

Empregou-se como critério de busca os descritores combinados aos operadores booleanos “ou” / “e”, para os descritores em português, e “or” / “and”, em inglês, a fim de ampliar o objeto de pesquisa, no período de julho a setembro de 2021, conforme a Quadro 1. Ressalta-se que todas as pesquisas foram feitas por meio de buscas avançadas, no qual colocava-se cada nova categoria “e” e “and” em um campo diferente.

**Quadro 1-** Definição dos descritores conforme idioma

Português	Inglês
Geotecnologia e VANT e Topografia convencional	<i>Geotechnology and UAV and Conventional topography</i>
VANT e Topografia convencional	<i>UAV and Conventional topography</i>
VANT e Topografia convencional e Construção civil	<i>UAV and Conventional topography and Civil construction</i>

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

Com o propósito de responder à questão norteadora, utilizou-se os seguintes critérios de inclusão: artigos indexados nas bases selecionadas previamente; artigos que abordaram a questão norteadora; artigos publicados na íntegra, disponíveis eletronicamente; teses, dissertações e artigos no período de 2010 a 2020, para que assim retratem os estudos mais recentes para esta revisão.

Foram excluídos estudos em formato de Editoriais, cartas ao Editor, documento de projetos, áudio, recurso educacional, monografias, manuais; estudos que, pelo título e/ou após a leitura do resumo, não faziam abordagem ao tema relacionado aos objetivos do estudo; artigos repetidos em duas ou mais bases de dados.

Para a realização desta revisão integrativa de literatura, optou-se pela busca dos trabalhos publicados sobre o tema no idioma português, inglês ou espanhol. Inicialmente,

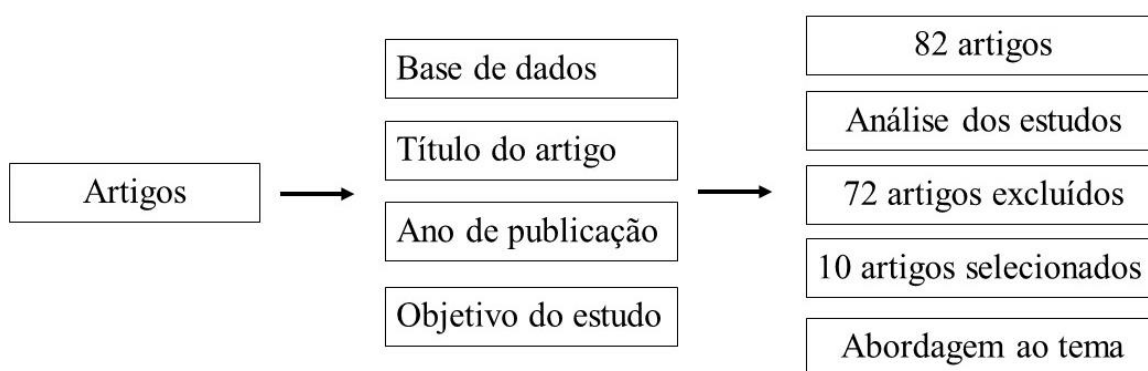


realizou-se uma pré-seleção dos trabalhos encontrados, por meio da leitura do título e do resumo. Após a verificação do número de trabalhos encontrados no primeiro momento, optou-se por considerar a especificidade de cada base, procedendo-se com a combinação dos descritores, onde se verificou uma alternância no número de referências de acordo com os bancos de dados escolhidos. Concluindo, assim, a verificação dos trabalhos e da seleção para compor a amostra.

Para a realização da coleta dos dados, utilizou-se os seguintes itens: base de dados da publicação, título original, autores, ano de publicação, objetivo do estudo, metodologia do estudo, resultados e conclusões (GOMES; LONGO, 2020). Em virtude das características específicas de cada base, foram adaptados os procedimentos para localizar os trabalhos, partindo do eixo norteador, dos critérios de inclusão e exclusão anteriormente citados, de modo a manter a coerência na busca. Após a triagem dos estudos nas bases de dados, construiu-se uma planilha com as informações de cada estudo.

Nessa perspectiva, foram incluídos os trabalhos com abordagem em geotecnologias, topografia, tecnologias de topografia, eficiência das técnicas e equipamentos de geotecnologia, comparação das geotecnologias VANT e topografia convencional na construção civil e meio ambiente. Por fim, após a seleção, os estudos foram analisados na íntegra. Dos 82 trabalhos identificados inicialmente, 10 foram incluídos na amostra final após análise, sendo excluído aqueles que não se adequaram ao objetivo deste estudo (Figura 2).

**Figura 2** - Fluxograma da busca e seleção de artigos



**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

As 10 publicações (3 no SciELO, 1 no Portal Periódico CAPES e 6 no *Google Acadêmico*) foram distribuídas conforme Quadro 2 e serão apresentadas em relação à base de dados, autoria, ano de publicação, título original e periódico. Os trabalhos foram

numerados de 1 a 10 e organizados conforme base de dados e em ordem crescente do ano de publicação.

**Quadro 2** - Distribuição dos trabalhos quanto ao número do estudo, à base de dados, à autoria, ao ano de publicação, o título original e o periódico

Nº	Base de Dados	Autores/Ano	Título	Periódico
1	Google Acadêmico	Nakamura & Guidara Júnior, 2010	Geotecnologias aplicadas à construção civil	Revista Engenharia
2	SciELO	Luppi et al., 2015	Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES	Floresta e Ambiente
3	SciELO	Saito et al., 2016	Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal	Cerne
4	SciELO	Silva et al., 2016	Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR	Boletim de Ciências Geodésica
5	Google Acadêmico	Buffon; Sampaio; Paz, 2018	Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas	Revista Eletrônica de Geografia e Ordenamento do Território
6	Google Acadêmico	Brito; Alves; Figueira, 2018	Geotecnologias aplicadas à análise de risco a desastres ambientais de um conjunto habitacional	Revista Principia
7	Portal CAPES	Hung et al., 2018	Levantamento com Veículo Aéreo Não Tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa	Raega – O Espaço Geográfico em Análise
8	Google Acadêmico	Rodrigues <i>et al.</i> , 2018	Levantamento topográfico por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT)	Revista Energia na Agricultura
9	Google Acadêmico	Bruch <i>et al.</i> , 2019	Avaliação da acurácia das cubagens de volumes de mineração através de levantamentos convencionais e fotogramétricos	Revista Brasileira de Geografia Física
10	Google Acadêmico	Duarte <i>et al.</i> , 2020	Utilização de geotecnologias na aferição de evolução topográfica aplicada à exploração de massas minerais	Revista Comunicações Geológicas

**Fonte:** Dados da pesquisa, 2021.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISE DA APLICABILIDADE DOS VANTS NA ENGENHARIA CIVIL

Os resultados evidenciam o potencial uso das ferramentas geotecnológicas para o campo das Ciências Exatas, pois podem gerar bases para elaboração de análises espaciais para apoio ao planejamento territorial, à análise ambiental, dentre outras possibilidades. Observou-se um predomínio das geotecnologias, como o VANT, no campo do meio ambiente para a obtenção de informações topográficas, inclusive em regiões inacessíveis, devido à elevada precisão e grau de detalhamento, para auxiliar no monitoramento e planejamento do ambiente, conferindo vantagens técnicas e econômicas em relação aos métodos convencionais de levantamentos topográficos.

Segundo Saito et al. (2016), nos estudos ambientais, é importante o levantamento de informações do terreno como o relevo, tipo de solo e cobertura vegetal. Diante da problemática causada pelas alterações da vegetação, torna-se imprescindível conhecer essa cobertura, bem como a estrutura da paisagem para auxiliar no monitoramento e planejamento do ambiente. Através da topografia, verificou-se a dinâmica das mudanças de uso e cobertura da terra.

A topografia agrega precisão aos projetos e é indispensável à tomada de decisões para análises ambientais. Por exemplo, em processo de Licenciamento Ambiental para a recuperação de áreas degradadas, deve-se apresentar planta planialtimétrica da área do plano ou projeto, com hidrografia, Áreas de Preservação Permanente (APP) e detalhe do projeto, em UTM ou coordenada geográfica com a informação do *Datum* de origem (NAKAMURA; GUIDARA JÚNIOR; 2010).

Luppi et al. (2015) demonstraram como a utilização de geotecnologias ajudaram de forma eficaz no mapeamento de Áreas de Preservação Permanente (APPs), no município de João Neiva, Espírito Santo, auxiliando no entendimento das áreas a serem preservadas. O monitoramento de APPs é facilitado por meio das geotecnologias no que se refere a sua identificação e delimitação, o que auxiliará, no futuro, o entendimento dos processos de ocupação da terra e preservação na ótica da Legislação Ambiental, confrontando essas áreas com o uso da terra correspondente, para que se possam implantar projetos ambientais que visem promover ações em busca de um relacionamento sustentável entre homem e ambiente de forma mais eficiente.

A utilização de dados topográficos na execução de aterros sanitários também é de suma importância, pois todas as fases de projetos de aterro utilizam técnicas de topografia em suas execuções, como escolha da área, projetos, implantação, operação e principalmente no monitoramento por meio da medição de volumes de pilha. O uso de dados provenientes da aerofotogrametria com VANT em substituição aos métodos tradicionais de levantamento topográfico aplicados ao estudo de aterros sanitários propiciam uma grande densidade de pontos 3D, permitindo a reconstrução fidedigna do relevo, possibilitando assim o cálculo de volume de resíduos sólidos, a direção de escoamento de resíduos líquidos que possam contaminar o solo e o lençol freático além de contribuir para as análises geotécnicas da área (RODRIGUES; GALLARDO, 2018).

Assim, a topografia e as geotecnologias facilitam os estudos ambientais em pequena e grande escalas, se tornando ferramentas indispensáveis no gerenciamento dos impactos ambientais causados pelo homem. As geotecnologias que utilizam o VANT como ferramenta principal vêm se destacando, sendo a alternativa mais viável para se reduzir significativamente o tempo gasto com o mapeamento das áreas, e, por consequência, agilizar o período hábil de fiscalização no cumprimento das leis pertinentes de preservação dos recursos naturais (NAKAMURA; GUIDARA JÚNIOR; 2010).

Há um aumento significativo de aplicações de aerolevantamentos a partir de VANT em diversificadas áreas, como geologia e engenharia civil. Nesses segmentos de atuação também estão sendo incluídos os atendimentos das necessidades das empresas e profissionais em mapeamentos de pequenas áreas, para os estudos de projetos e monitoramento de obras de engenharia e estudos ambientais e cálculo de volumes (ALMEIDA et al., 2016). Na mineração, os VANTs podem ser utilizados para monitorar estoques de materiais e determinar quantidades. Além disso, é possível realizar pesquisas de danos e falhas em áreas perigosas, o que colabora para uma maior segurança do trabalhador. O levantamento topográfico de áreas de mineração é uma etapa onerosa, e, dependendo da morfologia do terreno e dos acessos, pode ser demorada (FERREIRA, 2017).

Objetivando a redução de custos e a diminuição no tempo de aquisição dos dados, várias empresas de mineração vêm investindo no uso de VANTs para a produção de imagens aéreas de alta precisão, as quais, após processamento, geram ortomosaicos, nuvens de pontos e modelos em três dimensões altamente precisos (LIZARAZO; ANGULO; RODRÍGUES, 2017).

Fatores que colaboram para o avanço da tecnologia VANT empregada na mineração são o desenvolvimento de equipamentos de custo baixo e programas com interface amigável e intuitiva. Para Silva et al. (2016), a tecnologia VANT vêm crescendo em uso por produzir dados topográficos de maneira rápida e precisa, quando comparado com técnicas tradicionais como Estação Total e o GNSS.

Conforme Bruch et al. (2019), a etapa de cubagem de volumes é de suma importância para a mineração, corroborando com a avaliação econômica da jazida e o planejamento da mina. Os referidos autores avaliaram o uso de VANT na geração de produtos cartográficos acurados e a cubagem de volumes de mineração. Para tanto, realizou-se um levantamento topográfico com apoio geodésico e esses resultados foram comparados com um levantamento com VANT corrigido, com pontos de controle e sem pontos de controle.

Os resultados foram enquadrados no Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Digitais (PEC-PCD) e verificados a sua acurácia. Com base nos levantamentos aéreos e topográficos, foram elaborados Modelos Digitais de Elevação (MDE) para a cubagem dos volumes, onde o ortomosaico gerado com pontos de controle, apresentou resultados acurados com volumes próximos ao do levantamento topográfico convencional. Já o ortomosaico sem pontos de controle apresentou diferenças significativas com relação às altitudes no terreno e o volume cubado. Assim, as cubagens de volume com VANT são realizados visando resultados acurados desde que o mosaico seja corrigido com pontos de controle em campo.

Paralelamente, a evolução da tecnologia de geoprocessamento no mundo ampliou as possibilidades de utilização das denominadas geotecnologias no âmbito do planejamento urbano e territorial. Imagens de satélite, topografia digital e novas técnicas de mapeamento aéreo estão sendo utilizadas há algum tempo e são fundamentais para uma gestão urbana mais eficiente (SILVA JUNIOR et al., 2021).

Segundo Leite e Rosa (2006), estudar e planejar o espaço urbano requer bastante conhecimento em várias áreas o que dificulta o sucesso dessa atividade, além dessa complexidade que envolve o espaço urbano, a visualização das diferenças socioeconômica torna o planejamento falho. Sendo assim, conhecer a configuração espacial de uma cidade é um requisito fundamental para o sucesso do planejamento. Dentro da atual crise urbana que a maioria das cidades vêm passando por falta de planejamento, as geotecnologias são ferramentas de grande relevância para direcionar a ocupação do solo urbano, tornando assim imprescindível para o planejamento urbano.

Para Brito, Alves e Filgueira (2018), a falta de planejamento urbano tem propiciado o aumento do uso e ocupação do solo de áreas ambientalmente inadequadas, o que deixa sua população residente vulnerável a risco de desastres. A análise de risco define condições espaciais e temporais e indica a probabilidade de danos, além de contribuir para a redução e controle, por meio do gerenciamento de risco. Desse modo, a confecção dos mapas temáticos elaborados forneceu informações para a identificação dos aspectos físico-territoriais da área e podem subsidiar o desenvolvimento de outros estudos e de projetos locais, além de servir de apoio para possíveis tomadas de decisões.

Buffon, Sampaio e Paz (2018) apresentaram um encaminhamento metodológico para avaliação das áreas edificadas com risco de desastres ligado a inundação em áreas urbanas. Para isso, coletou-se dados primários na área de estudo, Campo Magro, estado do Paraná, Brasil, por meio de VANT e trabalhos de campo que, posteriormente, permitiram com auxílio de SIG construir um mapeamento síntese do risco de desastres.

Os resultados indicaram que a metodologia é de baixo custo e importante para as áreas desprovidas de imageamento em detalhe, e se mostrou eficiente como um sistema de apoio à decisão espacial frente à mitigação e prevenção dos desastres decorrentes de inundações. O uso do VANT para aquisição dos dados apresentou como benefícios redução dos custos associados à aquisição de imagens aéreas; maior flexibilidade na aquisição das imagens, melhor resolução espacial e temporal se comparado ao uso de imagens de satélites gratuitas disponíveis para o Brasil; e possibilidade de maior nível de desagregação dos dados.

Como principal limitação, citou-se a baixa autonomia no tempo de voo do equipamento, o que dificulta a execução de levantamentos para áreas acima de 1 km<sup>2</sup> (tempo relativo à estimativa de área recoberta para cada carga completa da bateria – autonomia de voo).

Assim, o VANT pode ser um importante instrumento para obter e analisar parâmetros de interesse na gestão municipal quanto ao planejamento da infraestrutura urbana e preservação do meio ambiente. Logo, por meio dele é possível avaliar as transformações decorrentes no espaço, bem como identificar os possíveis impactos consequentes do uso e ocupação do solo.

## 5.2 COMPARAÇÃO ENTRE A TOPOGRAFIA CONVENCIONAL E O VANT PARA FINALIDADE TOPOGRÁFICA

De acordo com Brandalize (2008), a topografia convencional é amplamente utilizada em projetos de engenharia e arquitetura, sendo a base para diversos projetos de obras, como trabalhos de obras viárias, núcleos habitacionais, edifícios, aeroportos, e sistemas de drenagem. Contudo, esses trabalhos podem demandar bastante tempo. Farah e Seixas (2010) afirmam que a utilização de Estações Totais possibilitou a automatização de procedimentos em campo, já que a coleta de dados é realizada com o apoio de programas embutidos nos equipamentos, não descartando os processos de escritório.

Silva et al. (2016) relataram que a topografia tradicional por meio do uso da Estação Total e até mesmo tecnologia GNSS, é uma técnica bastante empregada para levantamentos de alta precisão. A Estação Total apresenta características eletrônicas e mecânicas que permitem a coleta e o armazenamento de dados de medidas de ângulos e distâncias que são calculadas com o propósito de gerar pontos com coordenadas (X, Y e Z) a partir de pontos topográficos ou estações geodésicas conhecidas. Com Estação Total, é possível produzir levantamentos planialtimétricos com precisão milimétrica.

Em levantamentos planialtimétricos, o GNSS RTK possui qualidade de precisão centimétrica e, em relação à produtividade, se destaca, pois é possível coletar mais pontos em curto espaço de tempo e não necessita de mudanças de estação por falta de visibilidade, como ocorre com a Estação Total. Há também uma redução do custo de operação, pois necessita de menos mão de obra para o seu manuseio (STEMPFHUBER; BUCHHOLZ, 2011).

O Sistema GNSS, modo estático e não RTK, gera precisão milimétrica, mas o aparelho precisa permanecer horas rastreando informações de apenas um ponto, ou seja, não é um método ideal para levantamentos planialtimétricos, e sim para gerar estações de partida que são usados em diversos trabalhos topográficos. Enquanto que, através do rádio de comunicação, modo RTK, os receptores podem fazer as correções em tempo real, sem a necessidade de processar os dados no escritório, reduzindo o tempo do trabalho no campo (CATANIA et al., 2020).

Em comparação com os diversos tipos de atividades topográficas, existem serviços em terrenos em que há prédios, vegetações e outras interferências que atrapalham a propagação do sinal dos satélites e do rádio, inviabilizando os trabalhos com RTK. Em áreas pequenas, provavelmente não seria viável a contratação de um serviço com VANT, pois o processamento de dados é mais trabalhoso do que os demais (RODRIGUES, 2018).

Quando se trata de levantamentos em grandes áreas, regiões inacessíveis e de grande risco, o VANT proporciona vantagens com produtividade e numerosa quantidade

de pontos. Também em necessidades de cálculo de volume de pilhas de minério, barragens, cavas, e outros serviços relacionados a terraplenagem, é possível conseguir resultados mais fiéis à situação real do terreno devido ao detalhamento obtido pela nuvem de pontos (ALMEIDA et al., 2016).

Coelho, Silva e Costa (2017) compararam o Modelo Digital do Terreno por meio dos levantamentos realizado com VANT e topografia convencional (Estação Total). O estudo foi feito em um espaço no distrito de Tapinas, município de Itápolis-SP. As Tabelas 2 e 3 descrevem os dados de altimetria dos pontos de controle gerados pelos MDT, por VANT e Estação Total, e a análise estatística comparativa entre os levantamentos, respectivamente.

**Tabela 1-** Comparação de altimetria dos pontos de controle

Ponto de controle	Altimetria do VANT (m)	Altimetria Estação Total (m)	Acurácia (m)
1	504,903	504,981	0,078
2	510,879	510,936	0,057
3	511,689	511,795	0,106
4	501,658	501,575	0,083
5	487,773	487,89	0,117
6	487,522	487,412	0,110
7	491,648	491,541	0,107
8	495,268	495,167	0,101

**Fonte:** Adaptado de Coelho, Silva e Costa (2017).

**Tabela 2 -** Médias dos Levantamentos de Altimetria dos pontos de controle realizados com VANT e Estação Total

Método	Altimetria (m)
VANT	498,917
Estação Total	498,912
<b>Diferença significativa</b>	0,005

**Fonte:** Coelho, Silva e Costa (2017).

Na Tabela 3, os autores observaram que os pontos de controle 1, 2 e 4 apresentaram diferenças de altitude ortométrica menor que 10 cm. Os pontos 3, 5, 6, 7 e 8 apresentaram diferenças entre 10 e 11 cm. Essas diferenças não são significativas para mapeamento topográfico de grandes áreas, corroborando com os resultados obtidos da



análise estatística presente na tabela 4, demonstrando não haver diferença significativa quando se utiliza o VANT ou a Estação Total.

Logo, verificaram que o MDT realizado pelo VANT apresentou precisão entre 5,7 e 11,7 cm em comparação com o levantamento realizado por meio da topografia convencional. O MDT gerado pelo VANT pode ser classificado como um produto com precisão e confiabilidade compatível com as tecnologias de topografia convencionais para levantamento altimétricos que exigem diferenças centimétricas (COELHO, SILVA & COSTA, 2017).

Os referidos autores ainda destacaram que o uso do VANT é vantajoso também para a otimização de tempo no levantamento de áreas extensas, maior quantidade de dados gerados, proporcionando um melhor detalhamento do terreno, dados exclusivos como a realidade virtual do terreno, custo menor devido à necessidade de um número menor de colaboradores em campo e da rapidez da coleta dos dados, gerando uma redução de equipe e gastos de logística com os funcionários.

Rosalen (2015) caracterizou a altimetria de uma porção de terra no interior do estado de São Paulo, através de sensores multiespectrais embarcados em VANT, objetivando verificar a sua aplicabilidade em estudos altimétricos em comparação à topografia convencional. A partir dos dados coletado *in loco*, foram confeccionadas plantas topográficas para a gleba de terras e feita a análise estatística das diferenças altimétricas do levantamento topográfico e do aerolevamento. Ao fim do trabalho, destacou-se que o uso de sensores multiespectrais deve ser avaliado em função da qualidade que se almeja ter no levantamento, já que outros sensores podem fornecer precisões mais elevadas. O levantamento topográfico apresentou um erro altimétrico de 1 cm se comparado a 16 cm do levantamento por VANT.

Oliveira e Jesus (2018) utilizaram-se do método estatístico de *t-student* como uma análise comparativa entre os dados coletados em campo para um levantamento feito por topografia convencional e VANT, avaliando a tendência de aproximação dos dados coletados aos valores reais. Em suas comparações, os autores valeram-se também de informações sobre o tempo de levantamento e os custos de aquisição de equipamentos em ambos os métodos. Sendo o tempo de coleta e processamento do aerolevamento de 16 h e o da estação total de cerca de 5 h, ambos para a mesma área de 5,71 ha.

Hung et al. (2018) avaliaram uma boa qualidade do MDT gerado por procedimento semiautomático sem pontos de controle no espaço, em área com predomínio de vegetação rasa. O estudo foi realizado com o VANT Phantom 3

Professional (Figura 3) em uma área de 0,18 Km<sup>2</sup>, localizada no município de Rio Negrinho no estado de Santa Catarina.

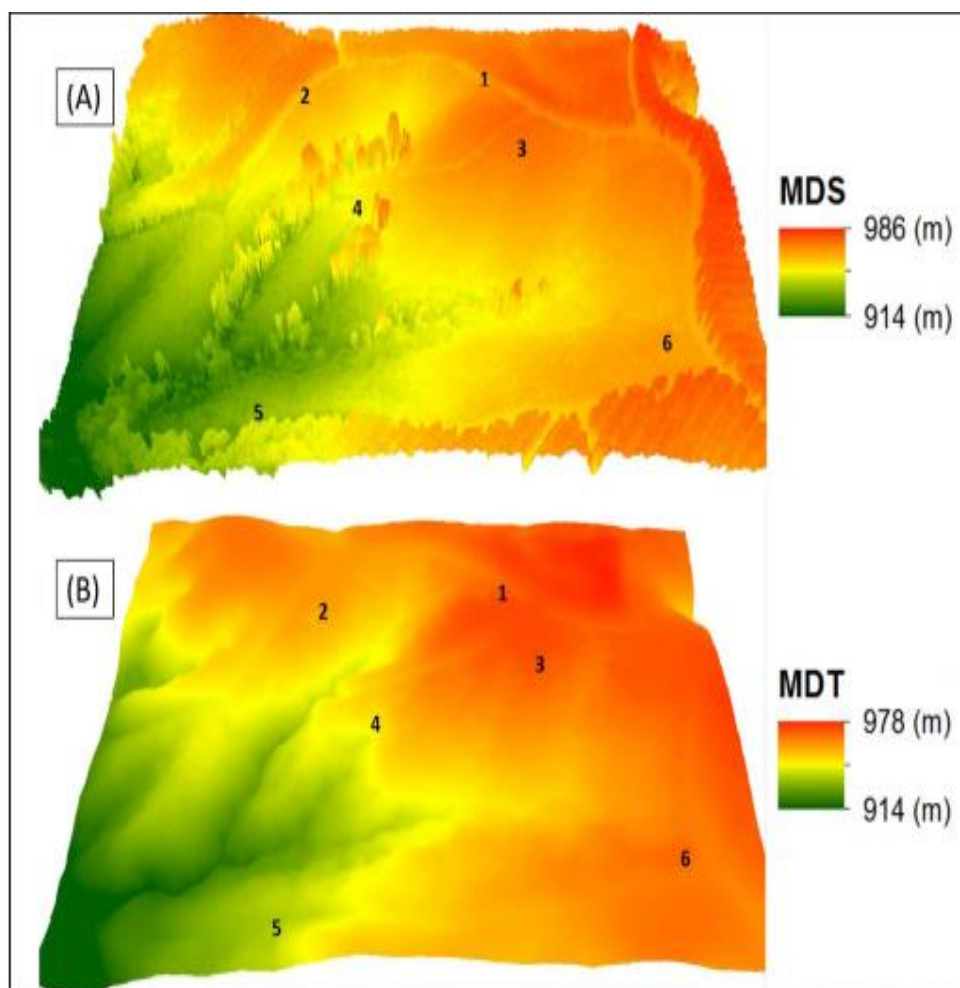
**Figura 3** - Câmera (A), controle com tablet (B) e o VANT Phantom 3 Professional (C)



**Fonte:** Adaptado de Hung et al. (2018).

Após o VANT processar as imagens obtidas, foi gerado o MDS com pixel de 6,33 cm, entretanto, após a filtragem e correções de imagens, gerou-se o MDT com pixel de 63,3 cm. A diferença do tamanho do pixel acontece pela dos pontos que pertenciam somente ao MDS, ou seja, todas as vegetações que estavam acima do terreno foram retiradas. Assim, os vazios causados da retirada da vegetação da imagem foram interpolados novamente para gerar o MDT. O MDS variou de 914 m até 986 m de altitude, enquanto que o MDT variou de 914 até 978 m de altura (Figura 4) (HUNG et al., 2018).

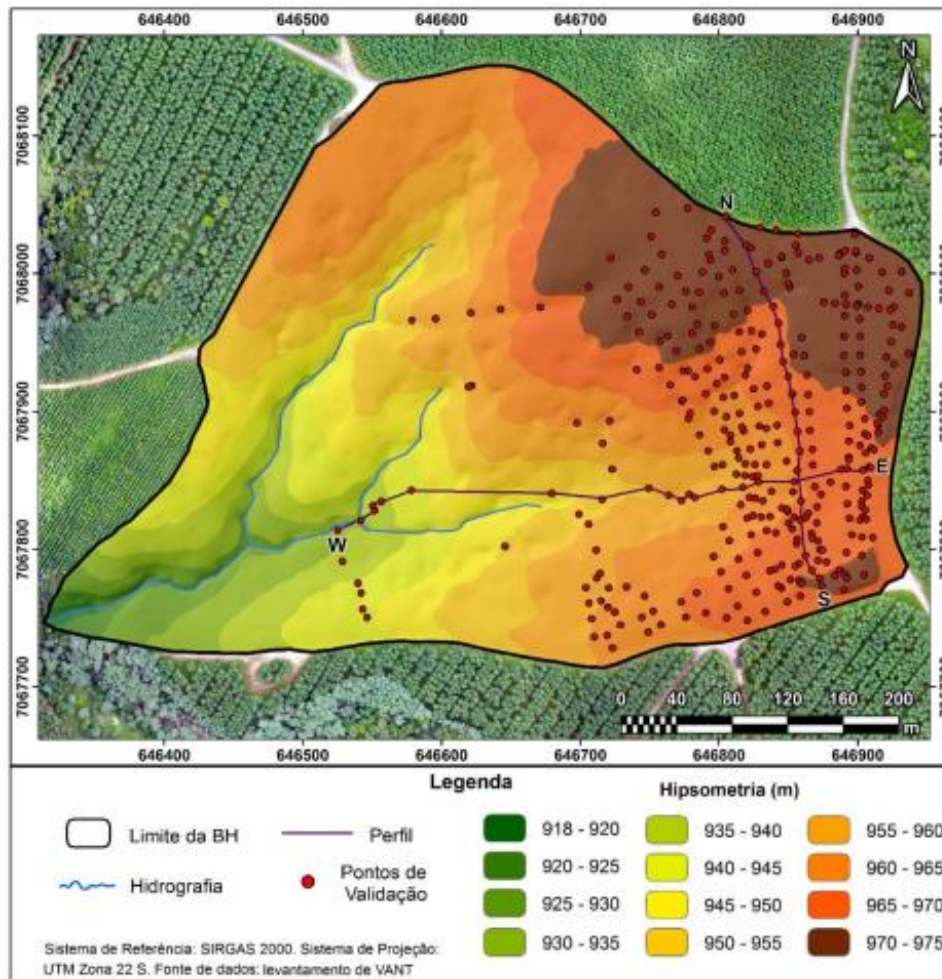
**Figura 4** – Modelo Digital de Superfície (MDS) (A) e Modelo Digital do Terreno (MDT) (B)



Fonte: Adaptado de Hung et al. (2018).

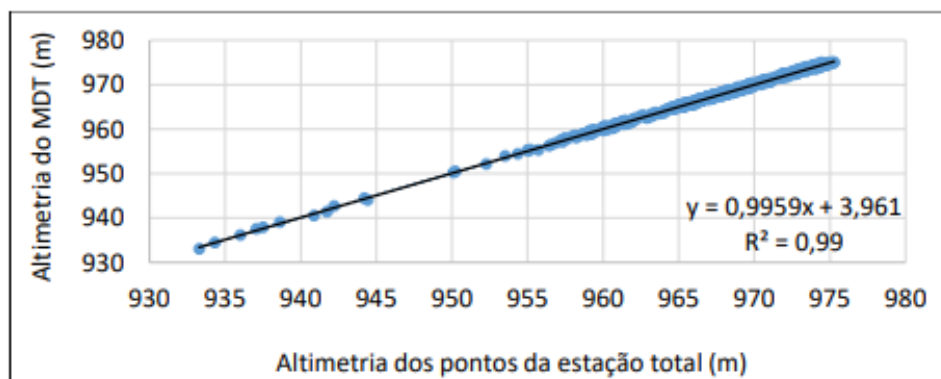
Os referidos autores avaliaram a acurácia do MDT através da comparação com 354 pontos espalhados pelos declives e zona ripária obtidos por levantamento topográfico convencional, onde os pontos foram comparados com os valores obtidos do pixel do MDT (Figura 5). Analisando a altimetria entre os levantamentos, observou-se a diferença de 0,53 m a máxima e a mínima foi inferior a 0,01 m. A Figura 6 mostra o comparativo entre a altimetria do MDT e os pontos do levantamento topográfico em relação à linha de tendência. Notou-se uma boa adesão do MDT aos dados de campo ( $R^2 = 0,99$ ). Obteve-se um erro padrão de 0,29 m e um padrão de exatidão cartográfica de 0,49 m, equivalente a um levantamento altimétrico classe A (1:5.000).

**Figura 5** - Hipsometria da bacia experimental do rio Saci, município de Rio Negrinho – SC, e pontos de validação



Fonte: Hung et al. (2018).

**Figura 6** - Altimetria do Modelo Digital do Terreno (MDT) e altimetria dos pontos de validação em relação à linha de tendência



Fonte: Hung et al. (2018).

Foi organizado ainda um modelo digital da vegetação, sendo visto em função dos dados que foram obtidos ( $R^2= 0,87$  e erro padrão = 0,54 m). Os autores concluíram que o estudo mostrou a possibilidade de utilização do VANT para aquisição de MDT em locais com esse tipo de vegetação,

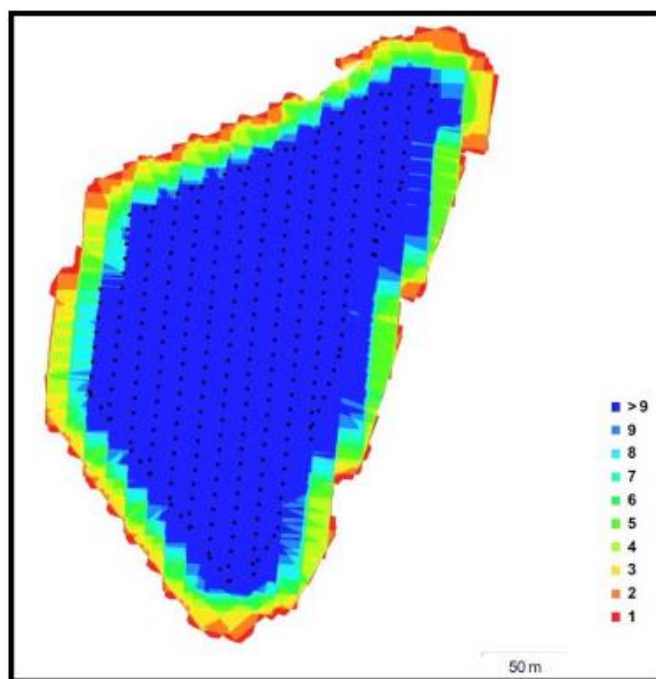
Rodrigues et al. (2018) realizaram o levantamento topográfico de uma área agrícola, situada na Fazenda Escola Prof. Dr. Eduardo Meneghel Rando, Universidade Estadual do Norte do Paraná – Campus Luiz Meneghel (UENP/CLM), município de Bandeirantes, caracterizada por uma extensão de três hectares. Utilizou-se o VANT, tipo multirrotor (Quadrirotor), modelo MAVIC Pro da DJI (Figura 7), empregando princípios de aerofotogrametria.

**Figura 7** - Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo MAVIC Pro da DJI



**Fonte:** Rodrigues et al. (2018).

A partir do processamento das imagens da área imageada pelo VANT, gerou-se a Figura 8 que mostra os pontos vermelhos e amarelos, faixas de baixa sobreposição admitidas como resultados insatisfatórios, e a faixa azul representa as áreas de sobreposição satisfatória com acoplamento de pontos homólogos (RODRIGUES et al., 2018).

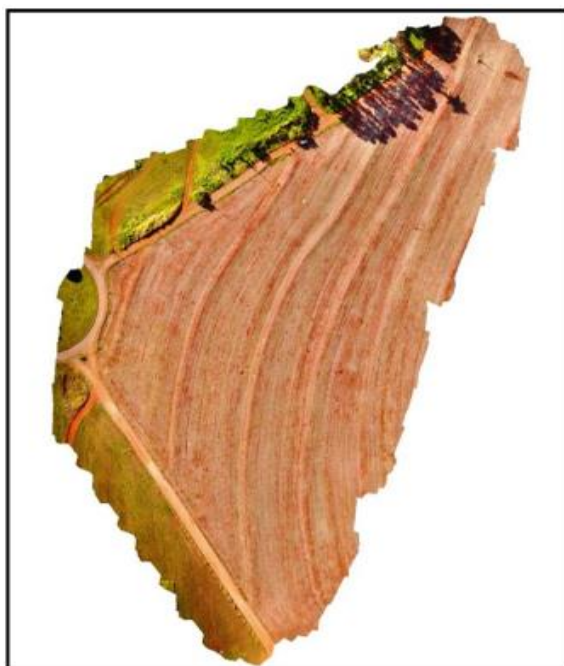
**Figura 8** - Número de imagens sobrepostas do ortomosaico

Fonte: Rodrigues et al. (2018).

Com a detecção automática de pontos homólogos, bem como a amarração entre os pares de imagens, utilizando o aplicativo de modelagem foi possível encontrar pontos de amarração entre as 321 imagens geradas no levantamento, uma vez que foi modelado com sucesso o ortomosaico (Figura 9a). A operação gerou uma densa nuvem de pontos com valores de coordenadas X, Y e Z, permitindo gerar o ortomosaico e seus respectivos MDS (RODRIGUES et al.,2018).

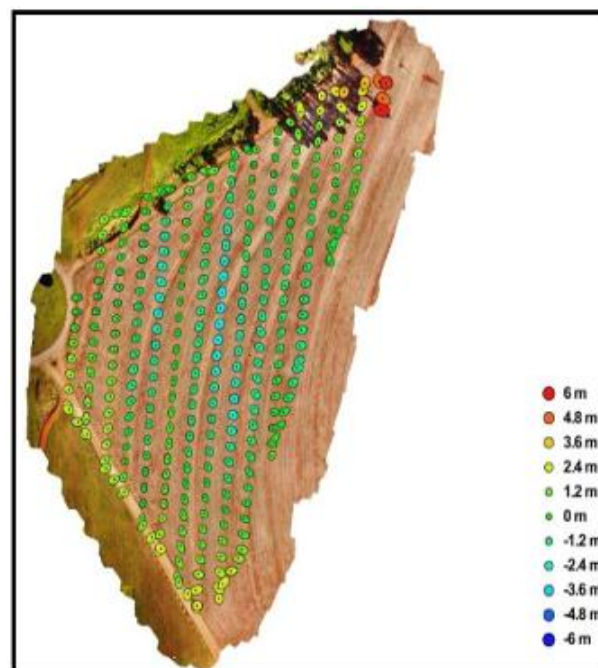
No mosaico relativo à missão de imageamento, identificou-se e mapeou-se os locais da câmera (Figura 9b), onde o erro Z é representado pela 'cor' e os erros X e Y é representado pela "forma" das elipses. As localizações estimadas da câmera são marcadas com um ponto preto. Desta forma, baseado no gráfico sob a imagem, bem como a legenda, observou-se que a região periférica do levantamento possui uma maior tendência ao erro, pois as imagens que compõem a região da área de estudo não possuem pontos homólogos de áreas adjacentes. Com isso, também não vão possuir dados de correlação para calibrar a periferia do mosaico, diminuindo a acurácia das bordas com relação aos perímetros centrais.

**Figura 9a** - Ortomosaico proveniente do aerolevanteamento com VANT



Fonte: Rodrigues et al. (2018).

**Figura 9b** - Número de imagens sobrepostas do ortomosaico



Fonte: Rodrigues et al. (2018).

O levantamento topográfico por meio de fotogrametria e princípios de sensoriamento remoto mostrou-se satisfatório. Do ponto de vista operacional, verificou-se que a plataforma utilizada no aerolevanteamento, oferece vantagens econômicas e técnicas, como a moderação de tempo de levantamento em campo e pós-campo, bem como equipe reduzida quando considerado aos métodos tradicionais de levantamento (Tabela 5) (RODRIGUES et al., 2018).

**Tabela 3** - Comparação do tempo de levantamento topográfico obtidas por VANT e Estação Total

Autores/Ano	Área	Levantamento Topográfico	Tempo de Campo	Tempo pós-campo	Tempo total
Rodrigues et al. (2018)	3 ha	VANT	15 min 55 s	1 h e 20 min	1 h e 35 min
Vogel et al. (2011)	20 há	Estação Total	27 h	6 h	33 h

Fonte: Adaptado de Rodrigues et al. (2018).

Fitzpatrick (2016) levantou áreas fazendo-se uso de VANTs demonstrando o poder operacional e mais econômico que o método convencional, com menor tempo gasto, com menor custo de operação e com a mesma acurácia de resultados.

As informações topográficas obtidas por VANT são muito mais eficazes para fazer o monitoramento dos ecossistemas do que os levantamentos realizados de forma convencional. As aeronaves podem fazer o mapeamento aéreo de florestas e de reservas aquáticas, fornecendo imagens de alta qualidade em um curto período de voo. Podem também transportar equipamentos meteorológicos como termômetros, medidores de vento, sensores de umidade e pressão para coletar dados climáticos (RODRIGUES et al., 2018).

Duarte et al. (2020) compararam a topografia convencional (Estação Total, TopocomGpt 7003) com o levantamento aerofotogramétrico por VANT (Quadricóptero retrátil, Tarot Iron Man 650), demonstrando as vantagens e desvantagens aplicados à monitorização de áreas de extração de rochas ornamentais, conforme Tabela 6.

**Quadro 3** - Comparação da qualidade dos dois métodos para a monitorização de áreas de extração de rochas ornamentais

Ponto de controle	Levantamento convencional	VANT	Notas
Precisão de posicionamento	Melhor	Pior	Depende do Sistema utilizado pela fotogrametria (RTK, GNSS, GPS, CGP)
Preservação do detalhe da superfície	Pior	Melhor	Baseia-se na aquisição do topógrafo (levantamento convencional dá arestas vivas e faces nítidas)
Superfície limpa	Melhor	Pior	Quantidade de vegetação e / ou “ruído”, pode ser necessário ter de ser filtrado
Artefactos indesejados	Melhor	Pior	Elementos além do necessário (resultantes da má aquisição, mau planeamento) podem precisar de ser filtrados
Resolução da amostragem	Pior	Melhor	Nuvem de pontos gerada (devido ao número de pontos utilizados no modelo)
Artefactos com volume (máquinas, árvores...)	Melhor	Pior	Outros elementos além do necessário, podem precisar de ser filtrados
Dependência humana na aquisição dos dados	Pior	Melhor	O topógrafo precisa apontar pontos manualmente
Dependência humana no processamento dos dados	Melhor	Pior	Etapas de processamento podem ter que ter controle humano para aumentar a confiabilidade
Tempo de aquisição	Pior	Melhor	Grande área cobertura em minutos com fotogrametria
Tempo de processamento	Melhor	Pior	Fotogrametria precisa de mais etapas de processamento
Ortorectificação e produção de ortofotomapas	Pior	Melhor	Levantamento convencional não possui dados RGB (fotografias)



Outras análises	Pior	Melhor	Fotogrametria permite outras capacidades associadas ao GIS (análise estrutural geológica, mapeamento mineral automático)
-----------------	------	--------	--

**Fonte:** Duarte et al. (2020).

Os levantamentos fotogramétricos revelaram-se eficazes do ponto de vista econômico (baixo custo operacional), temporal (tempo de aquisição rápido), resolução, fiabilidade e rigor. Sua utilização como Detecção Remota ou fotogrametria pode ser útil na aquisição de dados com objetivos de complementar os dados de campo relativamente à identificação das estruturas, objetos e desenvolvimento dos trabalhos; como levantamento topográfico, para o planeamento e otimização da lavra; é também importante, uma vez que reduz o tempo de trabalho de campo e facilita o acesso aos dados em zonas mais remotas (DUARTE et al., 2020).

Outra das vantagens estão relacionadas com o número de pontos utilizados por cada um dos métodos para a elaboração dos modelos. A fotogrametria utiliza 99,5% de pontos a mais que a topografia, que se traduz numa maior qualidade e rigor das superfícies, diminuindo assim o erro associado à interpolação entre pontos. O maior número de pontos cria um melhor ajuste e posicionamento das fotos do par estereográfico, melhorando a qualidade de construção do modelo (DUARTE et al., 2020).

O desenvolvimento tecnológico permitiu o desenvolvimento de componentes mais leves, eficientes e com menor custo, o que proporcionou o surgimento de aplicações diversas, destacando-se o uso dos VANT como alternativa para a aerofotogrametria tradicional. Os avanços tecnológicos no setor tornaram mais simples a operação dos sistemas, produziram câmeras com maior definição, proporcionaram plataformas mais estáveis no ar e com maior autonomia de voo.

Esses recursos, aliados aos equipamentos terrestres, vêm agilizando o processo de coleta e processamento dos dados espaciais e proporcionando novos usos e demandas para tais dados (EISENBEISS, 2008; EISENBEISS, 2009; NEX; REMONDINO, 2014). Assim, os estudos têm evidenciado ganhos no sentido da agilidade e da redução de custos para criação e atualização de bases de dados georreferenciados, simplificação dos processos de coleta, métodos de processamento e geração de resultados, se comparado aos métodos tradicionais de levantamento topográfico em campo.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As geotecnologias são aplicadas veementemente em áreas como as de meio ambiente, urbanismo, geografia e cartografia. A utilização mais intensa na área da construção civil, ao longo de todo processo de uma obra, desde os estudos iniciais, passando pelo anteprojeto, projeto, planejamento, execução e posteriormente nos procedimentos de manutenção, pode produzir efeitos sensíveis com aumento na qualidade e produtividade, e conseqüente redução nos custos.

A utilização da topografia para a Engenharia Civil se aplica em diversas conjunturas, além de ser uma atividade que delimita a construção a ser realizada. O total conhecimento atrelado à alta precisão da área a ser trabalhada é de fundamental importância para que se possa ponderar no anteprojeto ou na locação do projeto.

Com base nos resultados, levantamentos topográficos convencionais, por vezes, consomem muito tempo, tornando-os mais caros em relação a novos métodos, e podem ser operacionalmente complexos, por requererem o uso de equipamentos específicos e de uma ou mais equipes de campo tecnicamente capacitadas. Além disso, devem ser adequados às necessidades de campo, como as características do terreno e à disponibilidade de equipamentos.

Em contraponto, a aquisição de informações por meio de VANT é bastante promissora, mesmo que apresente obstáculos no que tange à normalização e ao tratamento dos produtos fornecidos. Dentre as vantagens da utilização do VANT na topografia, cita-se a economia de tempo e ganho significativo de produtividade. Os VANTs realizam em minutos o que seria necessário dias para ser feito em campo com equipes de topografia e equipamentos convencionais, principalmente em situações onde há grandes áreas a serem levantadas ou de difícil acesso. Assim, a utilização de VANT é a opção mais viável a ser operacionalizada.

Portanto, os trabalhos desenvolvidos sobre VANT discutem sobre a versatilidade de operações dos mais diversos modelos, avaliando as principais características dos equipamentos e suas potenciais aplicações, seja na construção civil ou áreas afins. Além disso, abordam a capacidade operacional desses veículos devido à redução de carga dos modelos, evidenciados com o avanço tecnológico.

Dada a natureza exploratória desta pesquisa, viu-se que existem diversas questões que merecem ser aprofundadas. Entende-se que os resultados aqui apresentados não

encerram as investigações acerca dos temas analisados, mas são vistos como etapas e que podem servir de ponto de partida para novas investigações, como:

- Realizar comparações baseadas em dados simultâneos levantados pelas duas tecnologias e comparadas um a um, para verificar as diferenças matemáticas entre as superfícies geradas via topografia e por Aerofotogrametria.

- Pesquisas visando o desenvolvimento de técnicas de integração de dados VANT com outras fontes de dados, uma vez que os VANTs são recursos para uma coleta de dados ágil e de baixo custo.

- Estudos de verificação da qualidade das imagens geradas em diferentes condições topográficas. Merece destaque a avaliação de quantos PC são necessários para garantir o atendimento a PEC-PCD Classe-A (ou das novas classes futuras ainda mais restritivas) para planimetria e, sobretudo, altimetria.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. D. C.; COSTA, G. C.; SILVA, D. C.; MEDEIROS, J. R. B. **Estudo sobre o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, Recife, 2016.

Agência Nacional de Aviação Civil- ANAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial REBAC-E N°94. 2017.

ANGELOV, P. Sense and Avoid in UAS: Research and Applications. **John Wiley & Sons**, 30 de abr. de 2012 - 345 p.

ARAKI, H. **Fusão de informações espectrais, altimétricas e de dados auxiliares na classificação de imagens de alta resolução espacial**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) –Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

AZAMBUJA, J. L. F.; MATSUOKA, M. T. Topografia e GPS - conquistas e desafios. **Série em Geomática**, p. 13, 2007.

BRANDALIZE, M. C. B. **Apostila de Topografia para Engenharia Civil e Arquitetura**. Paraná. 2008.

BRITO, P. L.; ALVES, A. F.; FILGUEIRA, H. J. A. Geotecnologias aplicadas à análise de risco a desastres ambientais de um conjunto habitacional. **Revista Principia**, n. 40, p. 149-163, 2018.

BRUCH, A. F.; CIROLINI, A.; THUM, A. B.; CARNEIRO, M. Avaliação da acurácia das cubagens de volumes de mineração através de levantamentos convencionais e fotogramétricos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 283-298, 2019.

BUFFON, E.; SAMPAIO, T.; PAZ, O. Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) - aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista Eletrônica de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 13, p. 85-108, 2018.

CATANIA, P.; COMPARETTI, A.; FEBO, P.; MORELLO, G.; ORLANDO, S.; ROMA, E.; VALLONE, M. Positioning accuracy comparison of GNSS receivers used for mapping and guidance of agricultural machines. **Agronomy**, v. 10, n. 7, p. 924, 2020.

CHUERUBIM, M. L.; PAVANIN, E. V. ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BARBOSA NO ANO DE 2011. **Portal de Revistas da USP**. São Paulo, n. 33, 2013.

COELHO, R. C.; SILVA, R. L. D.; COSTA, R. S. S. **Mapeamento topográfico, com utilização de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e topografia convencional**. 2017.

COUTINHO, I.; FEITAL, M. R.; COSTA, S. Q. **Inovação na Gestão da Qualidade: Utilização de VANT em Inspeções em Projetos Cíveis**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 6. 2017, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: SINGEP VI, 2017. p. 2-15.

CRUZ, C. B. M.; BARROS, R. S.; CARDOSO, F. V.; REIS, F. B.; ROSÁRIO, L. S.; BARBOSA, S. S.; RABACO, L. M. L.; LOURENÇO, J. S. Q. **Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba: INPE, p. 5463, 2011.

DUARTE, J.; CUNHA, M.; GONÇALVES, G.; FIGUEIREDO, F. Utilização de geotecnologias na aferição de evolução topográfica aplicada à exploração de massas minerais, **Revista Comunicações Geológicas**, v. 107, Especial I, p. 29-33, 2020.

EISENBEISS, H.; ZHAND, L. Comparison of DSMs generated from mini UAV imagery and terrestrial laserscanner in a cultural heritage application. **The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Dresden, Germany, v. 36, part 5, 2006.

EISENBEISS, H. The autonomous mini helicopter: a powerful platform for mobile mapping. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 37, n. 1, p. 977-984. 2008.

EISENBEISS, Henri. **UAV Photogrammetry**. 2009. 199f. Tese (Doutorado). Instituto de Geodésia e Fotogrametria, ETHZ. Zurich, 2009.

ESCOLANO, T. O.; PASTORE, V. O.; PEREIRA, C. A. A. **Avaliação de Aptidão Técnica e Socioambiental para Implantação de Parques Solares Fotovoltaicos com Sistema de Informação Geográfica – SIG**. Revista Internacional de Ciências. Rio de Janeiro, v. 10, n. 02, 2020.

EVANS, I. S. Geomorphology Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94–106, 2012.

FARAH, T. T. Q.; SEIXAS, A. Automação do procedimento de campo com o emprego de estação total para o levantamento e locação de obras da construção civil. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, 2010.

FERREIRA, A. M. R.; ROIG, H. L.; MAROTTA, G. S.; MENEZES, P. H. B. J. **Utilização de aeronaves remotamente pilotadas para extração de mosaico georreferenciado multiespectral e modelo digital de elevação de altíssima resolução espacial**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos, 2013.

FERREIRA, T. R. **Volume útil de pilha de granel com retomada inferior**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2017.

FIALHO, E. S. Climatologia: ensino e emprego de geotecnologias. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 30-50, 2013.

FILHO, A. P.; LAMMLE, L.; MOREIRA, V. B. GEOTECNOLOGIAS E SUAS ABORDAGENS EM ESTUDOS GEOMORFOLÓGICOS: DESAFIOS E POSSIBILIDADES PARA ALÉM DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG). **Revista de Geomorfologia**. v. 1, n. 1, 2020.

GABRIEL, J. C.; AMARAL, M. A. do; CAMPOS, G. M. de. **Automação e robótica na construção civil**. Simpósio Brasileiro de Tecnologia. V. 1, (2018).

GOMES, J. A. P., & LONGO, O. C. Mudança de cultura e apoio da tecnologia dão base à transformação digital na construção civil no enfrentamento à crise do Covid\_19. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 58884-58903, 2020.

HUNG, M. N. W. B.; SAMPAIO, T. V. M.; SCHULTZ, G. B.; SIEFERT, C. A. C.; LANGE, D. R.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. Levantamento com veículo aéreo não tripulado para geração de modelo digital do terreno em bacia experimental com vegetação florestal esparsa. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 43, p. 215-231, 2018.

JACOMIT, A. M.; GRANJA, A. D. **Análise crítica da aplicação do custeio-meta no desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre. V. 10, n. 1, 2010.

JERONYMO, A. C.; PEREIRA, P. B. A. **Comparação de métodos de levantamento topográfico, utilizando escâner a laser, estação total e fotogrametria terrestre**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2015.

JUNIOR, T. L. e S.; CAVALCANTE L. B.; COSTA M. C. A. da; SILVA C. M. da; COSTA B. A. da. **UTILIZAÇÃO DE TÉCNICAS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PARA O MONITORAMENTO DE OBRAS DE CONTENÇÃO NA CIDADE DE MARECHAL DEODORO – AL**. Revista de Ciências Exatas e Tecnológicas. Alagoas. V.6, n. 3, 2021.

LEITE, M. E.; BRITO, J. L. S. **Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Geosul. Curitiba. v. 26, n. 52, 2011.

LEITE, M. E. & ROSA, R. Geografia e geotecnologias no estudo urbano. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 17, p. 180-186, 2006.

LI, T.; ZHANG, H.; GAO, Z.; CHEN, Q.; NIU, X. High-accuracy positioning in urban environments using single-frequency multi-GNSS RTK/MEMS-IMU integration. **Remote sensing**, v. 10, n. 2, p. 205, 2018.

- LIZARAZO, I.; ANGULO, V.; RODRÍGUES, J. Automatic mapping of land surface elevation changes from UAV-based imagery. **Internacional Journal of Remote Sensing [online]**, v. 38, 2017.
- LOUZADA, F. L. R. O.; VIEIRA, M. V. M.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S.; SOUZA, S. M.; SANTOS, A. R. **Uso de geotecnologia na determinação de áreas de preservação permanente em topos de morros na micro-região de planejamento da Central Serrana, ES**. In: Anais do IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – EPG. Ciência e Tecnologia: o paradigma do século XXI; 2009; São José dos Campos, SP. São José dos Campos: UNIVAP; 2009.
- LOCH, Carlos; CORDINI, Jucilei. **Topografia Contemporânea: Planimetria. Florianópolis**. Ed. UFSC, 2000.
- LUPPI, A. S. L.; SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; FEITOSA, L. S. A. Utilização de geotecnologia para o mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no município de João Neiva, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 13-22, 2015.
- MAGALHÃES, D. M.; MOURA, A. C. M. Análise da Morfologia de Modelos Digitais de Superfície Gerados por VANT. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 73, n. 3, p. 707-722, 2021.
- MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. D. C. P. & GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & contexto-enfermagem**, v. 17, p. 758-764, 2008.
- MORGENTHAL, G. ; HALLERMANN, N. **Avaliação da Qualidade de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Inspeção Visual de Estruturas**, Advances in Structural Engineering, Vol. 17 No. 3. 2014
- NAKAMURA, A. Z.; GUIDARA JÚNIOR, P. Geotecnologias aplicadas à construção civil. **Revista Engenharia**, p. 101-105, 2010.
- NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**, v. 6, n. 1, p. 1–15. 2014.
- NUCCI, J. M.; MOREIRA, Marco A. A. M.; LOPES, C. **TOPOGRAFIA E CARTOGRAFIA**. 2011.
- OLIVEIRA, H. C.; JESUS, H. P. **Análise comparativa de levantamentos planialtimétricos - topografia convencional, GPS e DRONE**. 2018. 15p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Goiás, 2018.
- OLIVEIRA, C. M. de; MELO, F. P. **EXPANSÃO URBANA E SUSTENTABILIDADE: uma análise a partir das geotecnologias no município de São Lourenço – MG**. Repositório Unis. Minas Gerais, 2019.
- PIRANHA, E. J.; ISERNHAGEN, F. G. **ANÁLISE DE LOCAÇÃO DE OBRA PELO MÉTODO CONVENCIONAL E TOPOGRÁFICO**, Universidade Paraense Campus de Toledo/PR

- PEDREIRA, Wállace John Pereira. **Avaliação da acurácia altimétrica de mapeamento topográfico usando VANT. 2017.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Bahia, 2017.
- PERES FILHO, A.; LAMMLE, L.; MOREIRA, V. B.; geotecnologias e suas abordagens em estudos Geomorfológicos: desafios e possibilidades para além Dos sistemas de informações geográficas (SIG). **Revista de Geomorfologia**, v. 1, 2020.
- RAMEZ, E. E.; NAVATHE, S. **Sistemas de Banco de Dados. Fundamentos e Aplicações.** 4ª Edição - Editora LTC, 2005.
- RIBEIRO, G. P. **Tecnologias digitais de Geoprocessamento: Sistemas de Informação Geográfica-SIG**, março, 2000.
- ROCHA, A. B. da; OLIVEIRA, M. M. N. de. **POTENCIALIDADE DO APLICATIVO C7 GPS DADOS E DO GNSS NOS ESTUDOS DE GEOTECNOLOGIAS E GEOGRAFIA FÍSICA – relatos de experiências.** Encuentro de Geógrafos de América Latina. 2017.
- ROCHA, G. N.; GASPAR, G. A. M. G. **ANÁLISE COMPARATIVA DE UM LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO REALIZADO COM GPS E AEROFOTOGRAMETRIA.** Repositório Unis. 2019.
- RODRIGUES, D. A.; GALLARDO, A. Vantagens da aerofotogrametria por drone na obtenção de dados topográficos em estudos de lixões e aterros sanitários. **VII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais. São Paulo**, 2018.
- RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; OTANI, T. M.; TAGLIARINI, F. D. S. N.; CAMPOS, S. Levantamento topográfico por meio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). **Energia na Agricultura**, v. 33, n. 4, p. 367-372, 2018.
- ROSA, R.; Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia, Instituto de Geografia**, Universidade Federal de Uberlândia, p. 81-90, 2005
- ROSALEN, D. L. Mapeamento de glebas de terras utilizando-se de veículo aéreo não tripulado - VANT. **Cultivar Máquinas**, v. 13, p. 31, 2015.
- SAITO, N. S.; ARGUELLO, F. V. P.; MOREIRA, M. A.; SANTOS, A. R. D.; EUGENIO, F. C.; FIGUEIREDO, A. C. Uso da geotecnologia para análise temporal da cobertura florestal. **Cerne**, v. 22, p. 11-18, 2016.
- SANTOS, I. O. **Representação e valorização do patrimônio geológico: recursos interativos online no cânion do rio São Francisco no Brasil e de lugares de interesse geológico em Portugal utilizando realidade aumentada.** 2017, 268 f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.



SILVA, Daniel Carneiro 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 2014.**

SILVA, W. F.; SILVA, L. S.; MALTA, E. A.; GONDIM, R. O.; WARREN, M. S. Avaliação de uso de Veículo Aéreo Não Tripulado — VANT em atividades de fiscalização da Agência Nacional de Águas. **Anais dos Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa, Brasil, p. 25-29, 2015.

SILVA, C. A. D.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SANTOS, A. L. S. D.; AMARO, V. E.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22, p. 73-94, 2016.

SILVA JUNIOR, T. L.; COSTA, M. C. A.; SILVA, C. M.; COSTA, B. C. A.; CAVALCANTE, A. D. S. I.; CAVALCANTE, L. B. Utilização de técnicas de levantamento topográfico para o monitoramento de obras de contenção na cidade de Marechal Deodoro – AL. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas**, n. 6, v. 3, p. 137-137, 2021.

SILVEIRA A. R. DA; FILHO L. A. de O. C.; AGUIAR N. G. S.; GENEROSO F. J. **Do chão ao céu; as possibilidades do uso dos drones na engenharia civil**. In: Seminário de iniciação científica, 9., 2018, Araçuaí Minas Gerais. Anais. Araçuaí Minas Gerais: Instituto Federal Norte de Minas Gerais, 2018.

STEMPFHUBER, W., & BUCHHOLZ, M. A precise, low-cost RTK GNSS system for UAV applications. **Proc. of Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, ISPRS**, 2011.

TORRES, F. M. **Montagem e avaliação de um sistema de varredura a laser embarcado em VANT**. 2016, 128 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2016.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia. Engenharia Cartográfica e de Agrimensura**, Universidade Federal do Paraná (UFPR), 2012.

VOGEL, E.; MARQUES, F. P.; ROCHA, I. R.; OLIVEIRA, R. C.; SARAIVA, C. C. S. **Estudo de caso de um levantamento topográfico altimétrico realizado com estação total e laser Scanning terrestre**. In: MUNDO GEO, 2011.

WANG, W. Q.; PENG, Q.; CAI, J. Waveform-diversity-based millimeter-wave UAV SAR Remote Sensing. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 46, n. 3, 2009.

Z Aidan, Ricardo Tavares. **GEOPROCESSAMENTO CONCEITOS E DEFINIÇÕES**. Revista de Geografia. Juiz de Fora. V. 7, n. 2, 2017.

FITZPATRICK, B. P. **Unmanned aerial systems for surveying and mapping: cost comparison of uas versus traditional methods of data acquisition.** 2016. 36 p. Dissertação (Mestrado em Geografia), *University of Southern California*, Los Angeles, 2016.

ZIMMERMANN, Claudio C.; HOLLERWEGER, Fernando R. **Geração de caderneta de locação de obra utilizando os softwares Autocad R12 e Excel 5.0.** (Artigo Técnico-Científico) - Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, Florianópolis, SC, 1996.

ZIMMERMANN, Cláudio C.; PRUDENCIO JUNIOR, Luiz. R. et al. **Metodologia para Locação de Obras em Alvenaria Estrutural.** 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TECNICO MULTIFINALITARIO, Florianópolis, SC, 2000