

A IMPORTÂNCIA E OS DIFERENTES PAPÉIS DA TOPOGRAFIA EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

César Augusto Rocha Santo André¹

Resumo: A topografia desempenha um papel importante na construção civil, pois oferece as bases necessárias para o planejamento, desenvolvimento e execução de projetos. Desde o início de uma obra, é fundamental entender as características do terreno, como relevo, inclinações, altura e localização. Com o passar do tempo novas tecnologias vieram para auxiliar e complementar serviços topográficos que antigamente eram feitos com equipamentos básicos. Tais tecnologias, como por exemplo, a utilização de Drone e GPS RTK, proporcionam serviços de alta confiabilidade em menor tempo de trabalho e custos diferenciados. Sendo assim, este trabalho tem como finalidade principal indagar acerca da importância de diferentes ferramentas e equipamentos na confecção do levantamento topográfico para as mais variadas obras de construção civil, demonstrando através de um estudo de caso o papel destas ferramentas durante as etapas do projeto e, como consequência, a obtenção da ortofoto georreferenciada e as curvas de nível da área de estudo.

Palavras-chave: curvas de nível; GPS RTK; drone; ortofoto.

Abstract: Topography plays an important role in civil construction, providing the necessary foundation for project planning, development, and execution. From the beginning of a construction project, it is essential to understand the characteristics of the land, such as terrain, slopes, elevation, and location. Over time, new technologies have emerged to assist and complement topographic services, which were previously performed using basic equipment. Technologies such as drones and GPS RTK provide highly reliable services in less time and at different costs. This work aims to explore the importance of various tools and equipment used in topographic surveys for diverse civil construction projects, demonstrating through a

¹ Graduando de Engenharia Civil na Faculdade FEAMIG.
Cesar.santoandre@gmail.com

case study the role these tools play during project stages and, as a result, the production of georeferenced orthophotos and contour lines of the study area.

Keywords: contour lines, GPS RTK, drone, orthophoto.

¹ Graduando de Engenharia Civil na Faculdade FEAMIG.
Cesar.santoandre@gmail.com

1 Introdução

Topografia é uma ciência que detalha os acidentes geográficos e define com precisão a localização e a descrição destes na terra.

O termo Topografia provém do grego, “topos”, que significa lugar/região e “grapho”, que significa descrever, portanto, Topografia quer dizer “descrição de um lugar”. Sendo bastante fiel à origem do seu nome, Topografia é a ciência que estuda os acidentes geográficos e define a situação e localização destes na Terra. (Da Silva, 2020).

Na medida em que a topografia permite “descrever um lugar” ela emerge como uma ferramenta crucial em obras de construção civil. Isto porque é através da topografia que é possível conhecer os limites reais de qualquer área, suas dimensões, desníveis e acidentes.

Assim, a necessidade de se utilizar as ferramentas disponíveis da topografia se faz de forma a garantir um correto plano de construção, prezando pela eficácia da obra e a segurança dos trabalhadores. Após os trabalhos topográficos, se expressa graficamente e de forma detalhada a superfície terrestre de um plano, ou seja, certifica-se com exatidão a descrição de um lugar, todas suas características morfológicas, podendo ser artificiais (Edificações, áreas cobertas, viadutos, pontes, dentre outros) e naturais (desnível de terrenos, profundidade de rios, vales etc).

Importante destacar que a topografia também surge como um item de grande relevância no que diz respeito à análise orçamentária, à viabilidade econômica, ao planejamento e duração das etapas, à definição de mão de obra a ser empregada e consequentemente em relação a todos os custos necessários para a finalização da obra. Desta forma, ressalta-se a importância da Topografia na Engenharia Civil, tendo em vista que a má utilização ou, até mesmo a elaboração errada dos dados obtidos, pode acarretar na inviabilidade do projeto ou em prejuízo para os empreendedores.

Considerando as pontuações acima, este trabalho tem como finalidade principal indagar acerca da importância de diferentes ferramentas e equipamentos na confecção do levantamento topográfico para as mais variadas obras de construção civil, demonstrando através de um estudo de caso o papel destas ferramentas durante as etapas do projeto e, como consequência, os produtos finais.

2 Referencial teórico

A Topografia se trata de um estudo imprescindível para a engenharia, é utilizada em várias etapas de uma obra, desde a possível escolha de um terreno até em medições, nivelamento e terraplenagem, fornecendo informações que permitem o conhecimento da área e assegurando uma correta execução da obra.

Segundo Bomfim (2022), a Topografia, através de levantamentos, tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção limitada da superfície da terra, sem levar em consideração a sua curvatura. Tratando-se de uma ciência aplicada, baseada na Geometria e na Trigonometria, de âmbito restrito e se incumbe da representação, por meio de uma projeção ortogonal dos detalhes da configuração do terreno, sejam eles naturais ou artificiais.

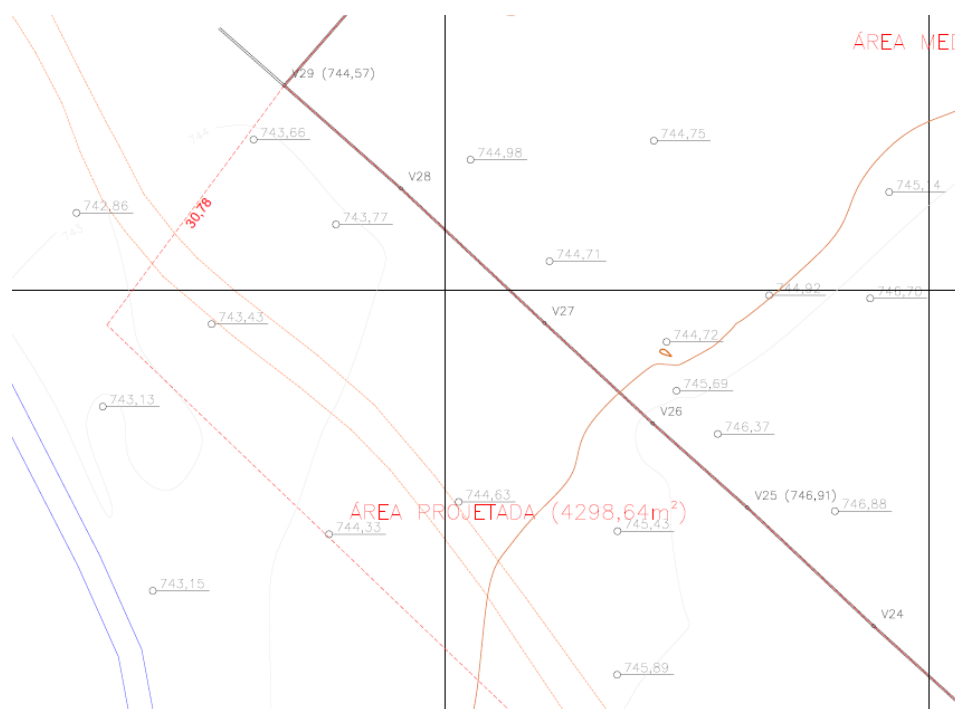
Importante destacar que para alcançar os objetivos da topografia faz-se necessário um levantamento que se torne capaz de proceder todas as operações necessárias, isto é, a medição de ângulos e distâncias e a execução dos cálculos e desenhos indispensáveis para representar, fielmente em planta, os elementos colhidos no terreno. “A esta representação gráfica, na qual é mantida uma relação constante (escala) entre as dimensões gráficas e as respectivas dimensões do terreno e onde aparecem os acidentes topográficos de interesse, denomina-se planta topográfica.” (Moura, 2021).

Assim, a planta topográfica, elaborada a partir do levantamento topográfico, demonstra-se como o principal produto da Topografia, sendo essencial na grande maioria das obras de engenharia.

2.1 Levantamento planimétrico, altimétrico e planialtimétrico

Segundo Dias (2019), o levantamento topográfico pode ser dividido em dois tipos principais, sendo eles o levantamento planimétrico, responsável pela medição de distâncias horizontais (coordenadas X e Y) e o levantamento altimétrico, que tem como objetivo estabelecer as diferenças de níveis ou cotas (coordenada Z). A representação conjunta destes dois levantamentos recebe o nome de levantamento planialtimétrico, uma vez que, leva em consideração as medidas e coordenadas planimétricas e altimétricas.

Figura 1 - Levantamento planialtimétrico



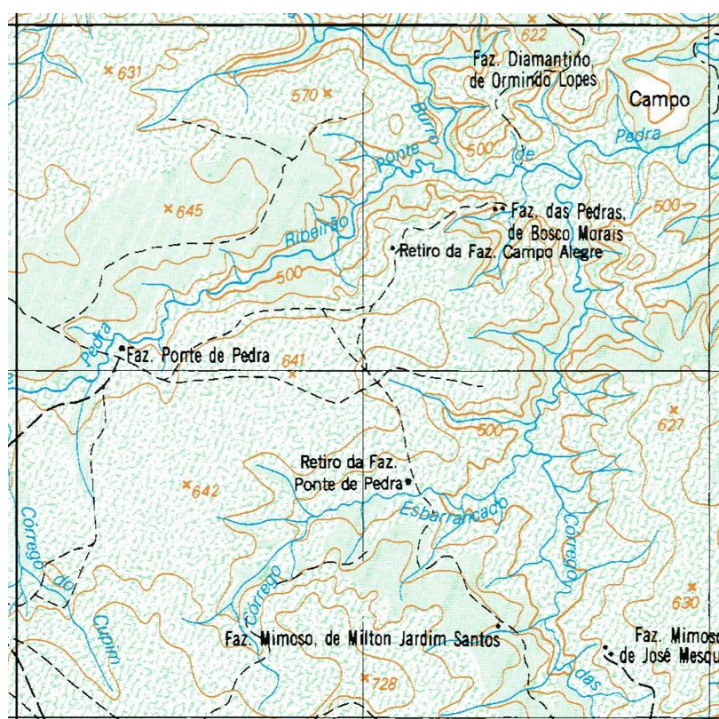
Fonte: Elaborado pelo autor (2024)

O levantamento topográfico planimétrico, se caracteriza pela medição das projeções horizontais ou verticais que definem uma área. A planimetria é utilizada comumente para definir as dimensões de um terreno, a largura de uma drenagem e a distância entre dois pontos específicos, enfim, quaisquer medidas que não necessitam de altimetria.

O levantamento planialtimétrico consiste no levantamento planimétrico com a adição dos dados altimétricos do terreno, conforme demonstra a figura 1. Esse tipo de

levantamento geralmente é feito com o uso da taqueometria ou estações totais. Para alcançar eficiência máxima na altimetria é necessária a realização do nivelamento geométrico, por meio de nível de precisão e miras, uma vez que, a posição planimétrica do ponto seja conhecida. Dias (2019). Segue abaixo um modelo de Levantamento Planialtimétrico disponibilizado pelo IBGE, aonde se faz presente a altimetria da região através de curvas de nível e pontos altimétricos.

Figura 2 - Carta topográfica de Buriti/MS



Fonte: IBGE (1978)²

Nesse sentido, para obras de engenharia civil, que requerem maiores estudos e total conhecimento da área em que se pretende construir, se faz necessário que o levantamento seja planialtimétrico, ou seja, devem ser coletados pontos topográficos que possam dar a altimetria do terreno, obtendo assim parâmetros para o dimensionamento de corte/aterro, terraplanagens, dimensionamento de volume e até projetar um possível número de caminhões e caçambas a serem utilizadas.

2.2 Equipamentos topográficos

A Topografia já é utilizada pelo homem há muitos anos, mesmo que na sua forma mais rudimentar. Segundo Bomfim (2022), os egípcios, os gregos, os árabes e os romanos nos legaram instrumentos e processos que, embora primitivos, serviram para descrever, delimitar e avaliar propriedades rurais, com finalidades cadastrais.

Com o passar do tempo, os avanços tecnológicos se tornaram um grande aliado da Topografia, na medida em que se trata de uma área que quanto maior a exatidão, melhores são os resultados apresentados. Todas as etapas que compõem um serviço de Topografia acabaram se modernizando, desde os equipamentos utilizados em serviços em campo, até os softwares de manejo de informações. Tudo isso com o intuito de se obter uma maior produtividade, gerando dados extremamente precisos em um menor espaço de tempo e com menores esforços físicos se comparado há alguns anos atrás.

2.2.1 Estação total

A Estação total se trata de um aparelho eletrônico amplamente utilizado na área de topografia. Basicamente, ele faz medições de ângulos verticais, horizontais e distâncias inclinadas. Os dados são coletados conforme sua feição e armazenados em sua memória interna. Após a finalização do levantamento, os dados obtidos em campo são transferidos para outros dispositivos que possibilitam o tratamento e a análise dos dados.

A Estação total mais utilizada em obras de construção civil é a convencional, conforme apresentada na figura 03. Este modelo necessita de pelo menos duas pessoas para seu funcionamento, uma operando a Estação e a outra se locomovendo pela área a ser levantada carregando um bastão com prisma refletor em sua ponta.

Figura 3 - Estação Total



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O seu funcionamento é simples. Após a instalação e o nivelamento da Estação Total em um ponto de coordenadas conhecida, o equipamento lança um feixe de laser em direção ao prisma refletor. O feixe de luz é refletido e volta para o equipamento. A Estação total mede o tempo que o feixe de luz gastou para retornar ao aparelho e calcula a distância e o ângulo do ponto medido.

É possível encontrar no mercado a Estação Total robótica. É um equipamento que se rotaciona de forma automatizada e realiza a medição conforme a localização do prisma. Este equipamento tende a trazer maior autonomia aos profissionais, já que necessita apenas de uma pessoa para seu funcionamento, além da execução do trabalho ser mais rápida e eficaz que se comparado à estação convencional.

Um ponto negativo de equipamentos como o teodolito e a estação total é o fato de não possuírem localização por GPS. Assim, para que se possa promover o correto geoferrenciamento dos dados se faz necessária a utilização conjunta de um

equipamento de GPS. Importante destacar, que a ausência de localização por GPS da estação total acaba se tornando uma de suas vantagens em locais urbanizados, ou com a presença de edificações altas ou em locais de mata com copa de árvores muito densa. Nestes locais, como a obtenção do sinal de GPS é bastante difícil a estação total, por necessitar do cadastro de poucos pontos para o seu bom funcionamento, se torna um equipamento essencial para a Topografia.

2.2.2 GPS Geodésico

A princípio, todos os receptores GPS são geodésicos, no entanto, dependendo das precisões oferecidas pelos mesmos, são classificados em geodésicos, topográficos e de navegação, sendo que os receptores GPS geodésicos têm precisões milimétricas, os topográficos sub-métrica e os de navegação métrica. Os receptores GPS para levantamentos (geodésicos e topográficos) são equipamentos que diferem em pontos importantes dos receptores voltados à navegação. (Penha, 2009)

A principal diferença entre os GPS geodésicos e os de navegação está no registro das observáveis dos satélites. Enquanto os aparelhos de levantamento armazenam estas observações na sua forma bruta, para posterior processamento, os de navegação não fazem este registro. Outra diferença fundamental, entre estes aparelhos, é que no geodésico podem ser configurados os filtros de qualidades dos dados registrados nos receptores de levantamento, e no GPS de navegação não estão disponíveis estas funções, fazendo com que estes possuam poucos critérios para restringir resultados indesejados. (Penha, 2009)

A grande maioria dos equipamentos de GPS geodésicos disponíveis no mercado contam com praticamente todas as funções necessárias para que se possa realizar os principais serviços topográficos, podendo ser utilizados para fins cadastrais, locações de obras, georreferenciamento de imóveis rurais, dentre outros.

2.2.3 RTK

O RTK (Real time Kinematic) consiste em uma técnica de posicionamento onde os levantamentos se caracterizam pela particularidade de obtenção de coordenadas geodésicas em Tempo Real. (Tanajura, 2012)

De acordo com Teixeira et al. (2023), o Posicionamento GNSS RTK requer comunicação confiável entre as unidades base e rover e funciona melhor com linhas de base curtas, pois a precisão das medições RTK diminui à medida que o comprimento da linha de base aumenta. Tal posicionamento amplia as possibilidades da tecnologia de navegação por satélites, possibilitando reduzir para apenas alguns milímetros a margem de erro do Posicionamento GNSS. Por meio do RTK algumas aplicações de engenharia que exigem precisão das coordenadas obtidas em tempo real tornam-se possíveis dispensando a necessidade do pós-processamento para obtenção de dados precisos.

O GPS geodésico, sendo ele equipado com radio RTK ou não, fornecem dados com uma precisão de aproximadamente 2 cm, enquanto que um GPS de navegação, muito utilizado em automóveis, celulares e até em aparelhos específicos, o erro pode chegar a até 10 metros.

Os equipamentos GPS utilizam o Sistema Global de Navegação por Satélite, conhecido pela sigla GNSS, esta tecnologia baseia-se na transmissão de sinais através da atmosfera. Estes sinais são captados pelos equipamentos de GPS e posteriormente utilizados. Esses sinais, que viajam dos satélites até os equipamentos localizados em solo, podem apresentar falhas cruciais que podem comprometer a acurácia dos dados, como por exemplo, pouca disponibilidade de satélites em determinado momento do dia e clima nublado com presença massiva de nuvens dificultando a viagem destes sinais.

2.3 Aerofotogrametria e VANTs

Os primeiros estudos que levaram ao surgimento da fotogrametria são datados de por volta de 350 a.C, época em que Aristóteles pesquisava o método da projeção de

imagens por meio óptico. Inspirado nesses relatos, no ano de 1525, o alemão e matemático Albrecht Dürer criou dois dispositivos capazes de realizar desenhos de perspectivas e estereoscópicos, na qual o conceito deste último foi empregado pela primeira vez em 1726 por Kepler na elaboração de cartas topográficas. (LIMA, 2018)

No ano de 1849 o francês Aimé Laussedat, precursor dos estudos da fotogrametria moderna, utilizou pela primeira vez fotografias aéreas para análise da superfície terrestre. Com uma câmera embarcada em um balão, ele utilizou as fotografias obtidas para elaboração de mapas topográficos, bem como para analisar os problemas citadinos (LIMA, 2018)

Ainda conforme Lima (2018), somente após o surgimento do avião e com os avanços dos estudos da fotogrametria que foi possível a utilização de fotografias aéreas para a realização de mapeamentos. Essa técnica tornou-se bastante difundida durante a primeira guerra mundial para fins de reconhecimentos de campo para os ataques aéreos.

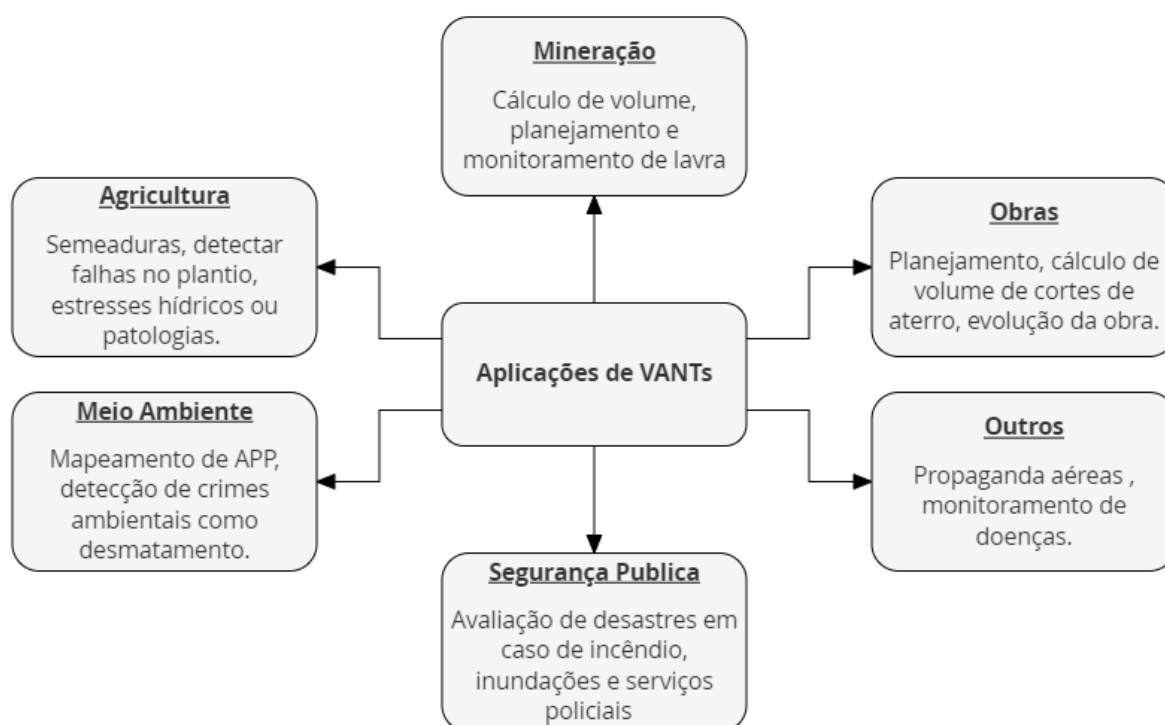
A utilização de aviões em levantamentos topográficos veio como uma solução para vários tipos de serviços topográficos que até então eram realizados com equipamentos de topografia convencional, como o Teodolito.

Sendo assim, os levantamentos aerofotogramétricos vieram para preencher uma lacuna especialmente no que diz respeito à medição de grandes extensões de áreas na medida em, anteriormente, que tal medição era dificultosa para o topógrafo e onerosa para o empreendedor.

Com o surgimento e desenvolvimento de novas tecnologias como Vants e Drones a utilização de aviões em trabalhos de aerofotogrametria foi reduzida drasticamente. Dentre os principais motivos podemos citar o menor custo para seu funcionamento, tendo em vista que os VANTS necessitam basicamente de bateria e mão de obra qualificada, enquanto os aviões demandam gastos com pilotagem, combustível e aluguel ou compra da aeronave.

Quanto a funções cartográficas, as aplicações de VANTs e Drones são variadas, podendo ser utilizados na criação de curvas de níveis, MDE (Modelo Digital de Elevação), MDT (Modelo Digital de Terreno), cálculo volumétrico de pilhas, medições das mais variadas feições terrestres. A Figura 4 elucida algumas das principais aplicações dos VANTs.

Figura 4 - Aplicações de VANTs



Fonte: Adaptado de Lima (2018).

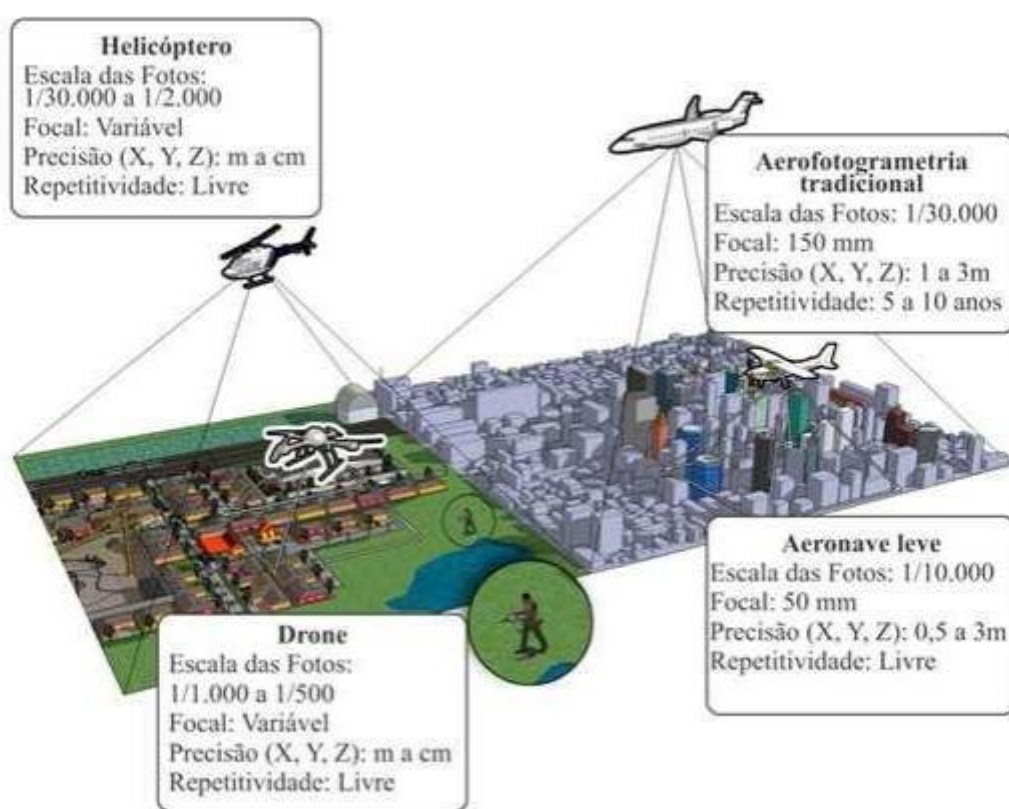
O uso do VANT apresenta diversas vantagens em relação ao avião tripulado, dentre elas se destaca a possibilidade de voar em menores altitudes. Apesar do avião proporcionar uma ampla cobertura, o nível de resolução por pixel é menor, o que inviabiliza muitas aplicações onde o nível de detalhe é crítico. Os satélites, de forma similar, não conseguem oferecer o mesmo nível de detalhamento obtido com o uso dos VANTs, além do serviço ser restritivo do ponto de vista econômico e da não adaptabilidade do equipamento (Cassemiro; Pinto, 2014).

Mesmo apresentando uma grande rentabilidade frente a utilização de aviões ou helicópteros, a utilização de VANTs ainda pode apresentar algumas desvantagens. Destaca-se neste caso a baixa autonomia de voo apresentada por alguns modelos,

dependência das condições climáticas e a cobertura de áreas geográficas pequenas (VIDAL, 2013).

A Figura abaixo apresenta um comparativo de alguns parâmetros de diferentes tecnologias que utilizam a captação de imagens aéreas, como por exemplo a escala de precisão, distancia focal, área de abrangência e altura do voo.

Figura 5 - Comparativo entre plataformas aéreas



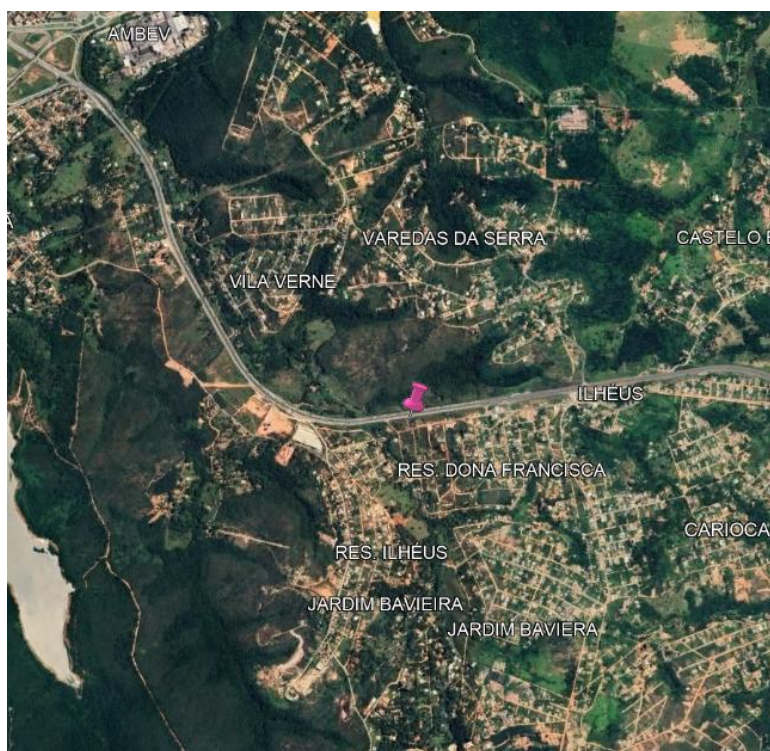
Fonte: Almeida (2014)

3 Estudo de caso

3.1 Localização da área de estudo

O local escolhido para a realização deste trabalho está situado no Km 366 da Rodovia BR-262, entre os municípios de Betim e Juatuba, pertencentes à Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. A figura 6 ilustra a localização do município.

Figura 6 - Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A área escolhida para este estudo era caracterizada por um talude dominado por solo exposto sem a presença de vegetação nativa, localizado as margens da Rodovia BR-262. No local ocorreu um deslizamento de terra que invadiu as pistas da Rodovia causando interdição temporária da via.

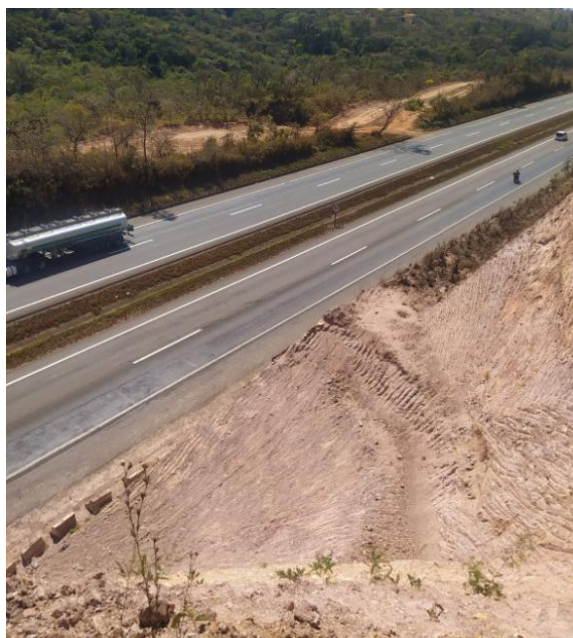
Após a limpeza de todo o material solto disposto sobre a Rodovia, foi necessária a realização do levantamento topográfico do local para, assim, iniciar os estudos de estabilidade do talude.

Figura 7 - Deslizamento de terra que invadiu a Rodovia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 8 - Área de estudo após a limpeza



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.2 Metodologia

Conforme Bomfim (2022), a metodologia tem como função mostrar como andar no “caminho das pedras” da pesquisa, ajudar a refletir e instigar um novo olhar sobre o mundo: um olhar curioso, indagador e criativo.

Em relação aos objetivos determinados pela pesquisa, este trabalho pode ser caracterizado como exploratório. De acordo com Lima (2018), a pesquisa exploratória tem como finalidade "desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, visando à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses que possam ser pesquisadas em estudos futuros". Esse tipo de pesquisa costuma envolver levantamento bibliográfico e documental, estudos de caso ou coleta de dados em campo.

Para a realização do mapeamento aéreo foi utilizado um Drone da marca DJI do modelo Phantom 4 Pro V2.0, equipado com uma sensor de 12 megapixels e com sistema de posicionamento global GPS/Glonass. Este modelo possui uma autonomia de voo máxima de 30 minutos.

Figura 9 - Drone utilizado para o levantamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Foi utilizado, para fins de amarração no sistema de coordenadas global do

levantamento, um par de antenas GNSS que possibilitou sua representação no sistema UTM Datum Sirgas 2000,4 tendo como base o meridiano central - 45° WGr. Para o levantamento dos pontos de campo foi utilizado kit receptor GNSS RTK i73 da marca CHC. Conforme figura 05, a base do i73 foi montada em um piquete no dia 18 de Agosto de 2024, foi utilizado um tripé com base nivelante para posicionar a antena externa, de modo a obter a melhor exatidão possível.

Figura 10 - Local escolhido para ser a Base do RTK



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Os equipamentos utilizados na base foram um GNSS RTK i73 CHC, Radio externo Uhf CHC DI6 e coletora HCE600, conforme figuras 6, 7 e 8.

Figura 11 - Equipamento GNSS RTK i73 CHC utilizado para obtenção dos dados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 12 - Radio externo Uhf CHC D16



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 13 - Coletora HCE600



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.3 Coleta de pontos topográficos

O sistema RTK (Real Time Kinematic) possui enormes vantagens, pois garante um levantamento topográfico de grande precisão aliado a alta produtividade, tendo em vista a economia de tempo que o sistema lhe proporciona se comparado aos levantamentos que utilizam apenas o GPS convencional e a Estação total.

Conforme melhor descrito nos capítulos anteriores, para fins de amarração no sistema de coordenadas global do levantamento, foi utilizado um par de antenas GNSS que possibilitou sua representação no sistema UTM Datum Sirgas 2000,4 tendo como base o meridiano central -45° WGr.

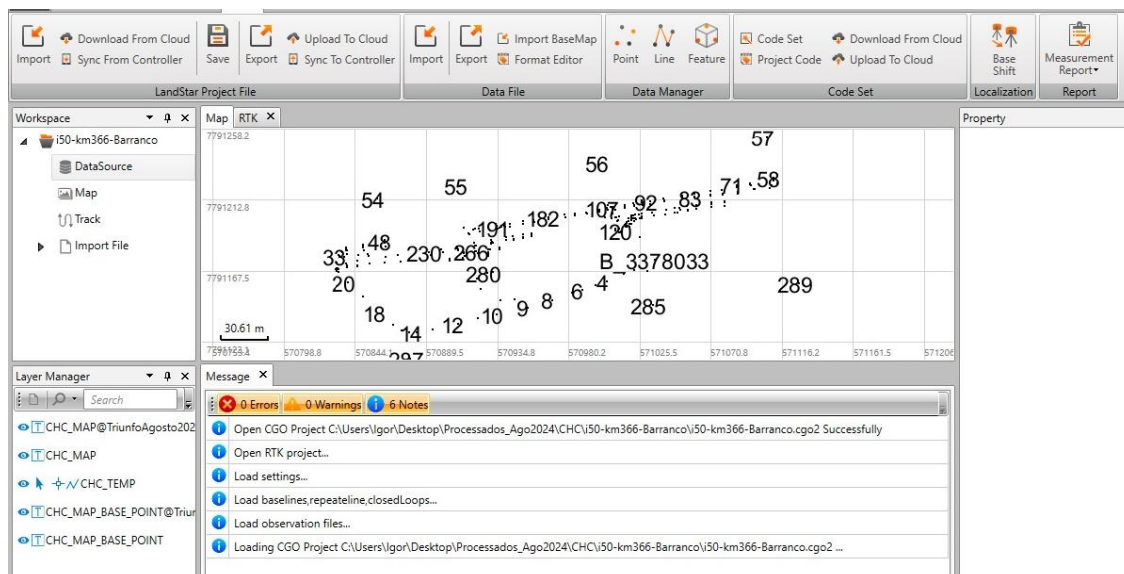
Toda a extensão da área de interesse foi percorrida utilizando o GPS RTK i73 evidenciando as feições identificadas, como por exemplo, árvores isoladas, cerca e canaletas existentes no local.

Houve o cadastramento de pontos em todos os locais que o operador conseguiu acessar com segurança, ou seja, na parte superior e inferior do talude, e nas pistas de rolamento da rodovia.

3.3.1 Processamento dos pontos topográficos

A partir do *software CHC Geomatics Office 2* foi realizada a correção das coordenadas da base em relação à estação de propriedade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) localizada no centro de Belo Horizonte, conhecida com RBMC. Após a correção da base e dos demais pontos coletados em campo foi feita a correção altimétrica através do *software HGEO*, disponibilizado de forma gratuita pelo IBGE.

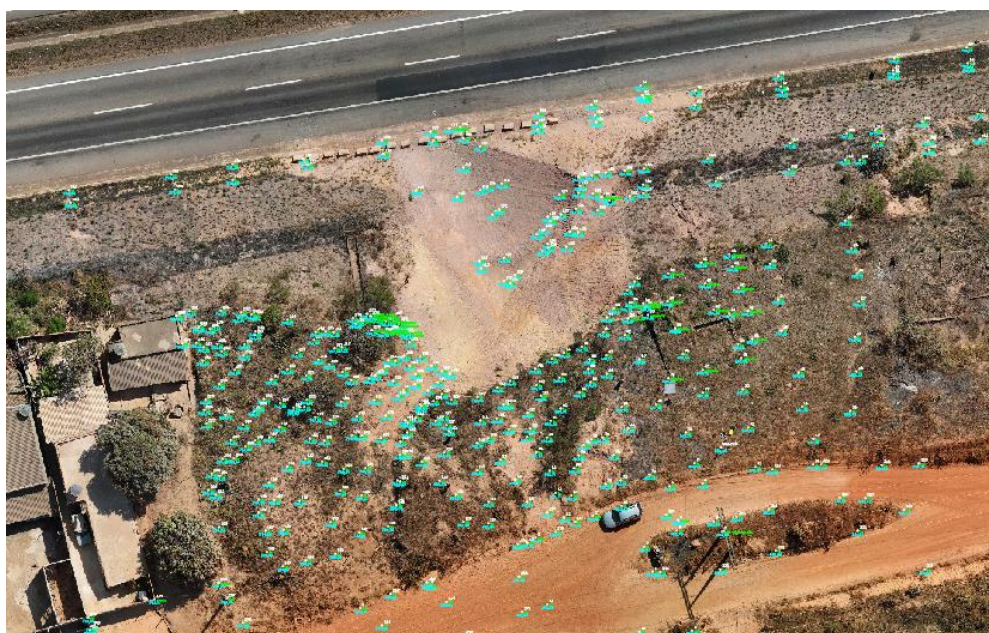
Figura 14 - Ajuste dos parâmetros de configuração de voo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Após os devidos ajustes altimétricos, foi iniciada a confecção da Planta Planialtimétrica de Detalhe, evidenciando todas as peculiaridades encontradas no local. Paralelamente, foi realizado o processamento das imagens aéreas para a criação da Ortofoto e demais produtos gerados pela imagem aérea.

Figura 15 - Pontos Topográficos coletados em campo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

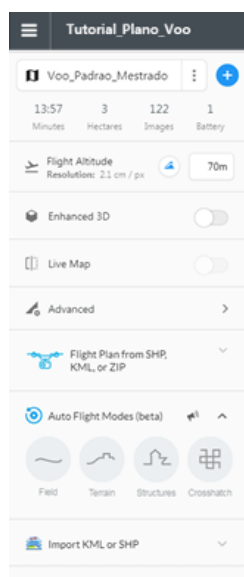
3.4 Execução do voo

Com o intuito de validar os trabalhos topográficos realizados, dando maior clareza e melhor visualização àquilo que fora mensurado e, principalmente, dos locais aonde o operador do RTK não teve acesso por motivos de segurança, optou-se por promover o levantamento aéreo da área, com uso do Drone, conforme descrito nos capítulos anteriores, e a partir deste voo, foi gerada uma imagem aérea que encobre toda a área de estudo

Após o entendimento da área a ser estudada, foi feito o planejamento de voo junto ao software gratuito Drone Deploy. Este é um aplicativo de voo automatizado que pode ser operado diretamente em sistemas Android e iOS, ou a partir do próprio site da fabricante.

Durante a configuração e ajuste do voo, foi possível configurar os parâmetros de voo, tais como: nome do plano, altura, GSD (tamanho do pixel no mosaico representando uma porção do terreno) e sobreposições longitudinais e laterais, conforme figuras abaixo. Além disso foi inserido o arquivo na extensão KML com a área exata do voo.

Figura 16 - Ajuste dos parâmetros de configuração de voo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A área exata do voo compreende 87.306m², abrangendo a totalidade da área do estudo, a pista de rolamento e o entorno que auxiliará na elaboração dos estudos necessários.

Com o intuito de garantir a melhor qualidade possível nas fotos tiradas pelo drone, foram utilizados os valores de 85% para sobreposição longitudinal e 80% para sobreposição lateral, valores que evitam o exagero de fotografias repetidas que poderiam acarretar maior tempo no voo e no processamento.

No caso em questão foram utilizados 06 (seis) pontos artificiais, pintados no solo, que permitiram a fácil visualização nas fotos e promoveram o correto processamento da ortofoto, conforme imagem abaixo. Posteriormente, a coordenada topográfica destes pontos foi coletada com o GPS RTK e inserida no momento de processamento das imagens aéreas.

Figura 17 - Pontos de Controle



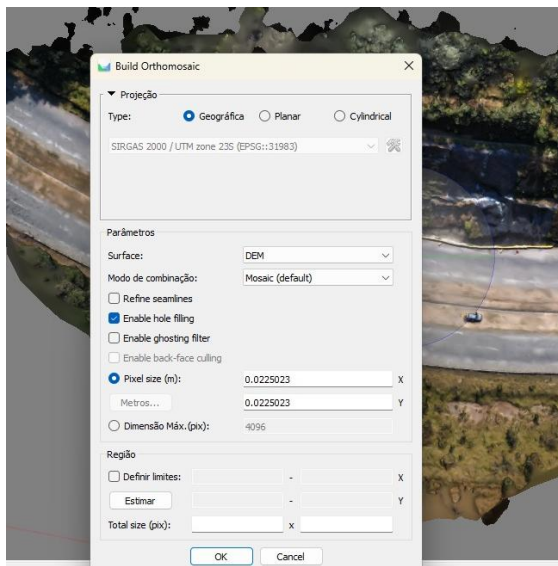
Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

3.4.1 Processamento das imagens aéreas

Após a execução da missão e de posse das imagens brutas, foi realizado o pós-processamento com software fotogramétrico (Agisoft PhotoScan Professional), que

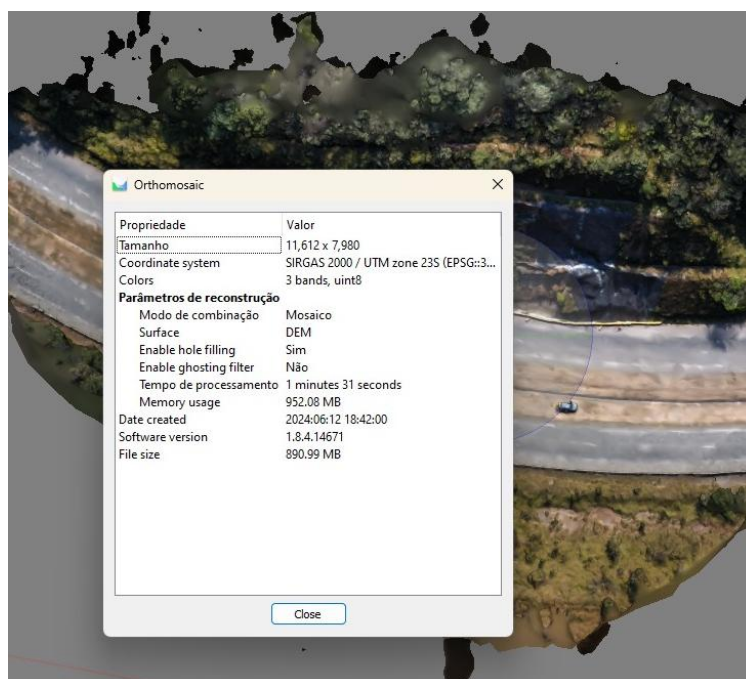
permitiu a aerotriangulação do bloco de imagens sem complicações. A calibração de câmera foi feita juntamente com a aerotriangulação.

Figura 18 - Alinhamento das fotos aéreas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Figura 19 - Relatório do Projeto criado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Após algumas etapas de configuração do projeto e alinhamento das fotos aéreas, foi feita a inserção das coordenadas dos pontos de controle coletados em campo com o

intuito de georreferenciar a ortofoto, de forma que sua representação seja a mais precisa possível nos eixos X, Y e Z. Ao total foram pintados em solo e posteriormente rastreados com o auxílio do GPS RTK 10 pontos de controle.

Figura 20 - Identificação dos Pontos de Controle



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Ainda no Agisoft Metashape, com toda essa série de informações acerca da topografia local, foi possível gerar o Modelo Digital do Terreno (MDT) e o Modelo Digital de Superfície (MDS). Conforme descrito por Xavier (2020), a principal diferença entre os modelos é que no MDT a cota é referente ao terreno e no MDS é referente à superfície.

Para que o MDT possa gerar as curvas de nível do terreno de forma fidedigna às características encontradas em campo foi necessária a execução de uma filtragem de qualquer objeto que possa atrapalhar na criação das curvas de nível, como, por exemplo, postes, cercas, arvores, edificações ou até mesmo vegetação adensada.

4 Resultados e discussões dos produtos gerados

Após a execução de todo o trabalho em campo e o trabalho de processamento dos dados através de ferramentas de sensoriamento remoto, chegou-se à representação da ortofoto abaixo.

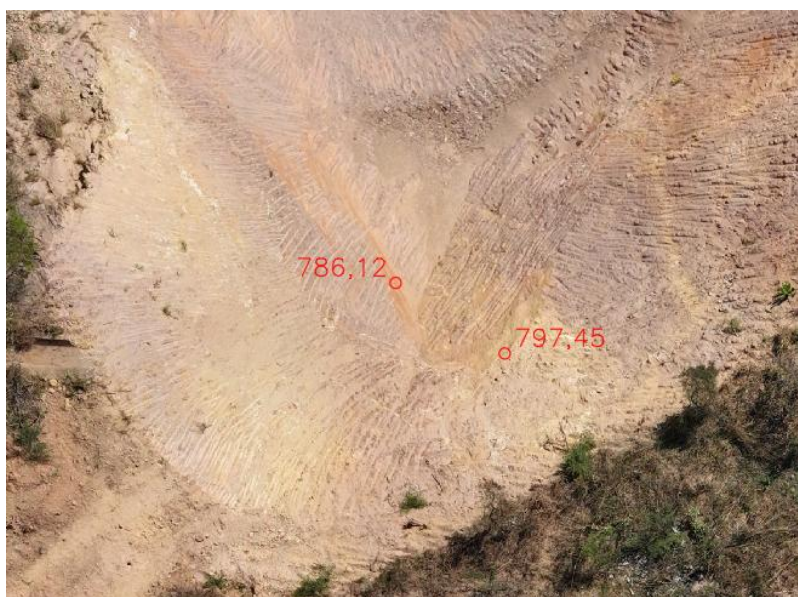
Figura 21 - Ortofoto Georreferenciada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Com a ortofoto em mãos foi-se possível a elaboração de outros produtos que tendem a auxiliar na criação de um plano para contenção do talude. Nos locais de difícil acesso para que o operador do RTK possa fazer coleta do ponto em campo foi utilizada a extração da coordenada através da ortofoto (conforme figura 20), dessa forma, é possível abranger toda a totalidade da área de interesse e consequentemente aumentar a precisão do levantamento topográfico.

Figura 22 - Extração de pontos topográficos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Após a filtragem dos pontos obtidos no MDT, do processamento dos pontos de campo e da elaboração da ortofoto deu-se início à obtenção das curvas de nível com 1 metro de equidistância.

Junto à elaboração das curvas de nível foi gerado o Mapa de Declividade que é uma ótima ferramenta para fins de análise do relevo de uma área. Basicamente ele representa a distribuição espacial dos níveis de inclinação do terreno, o que é fundamental para a análise da paisagem.

Figura 23 - Obtenção das Curvas de Nível

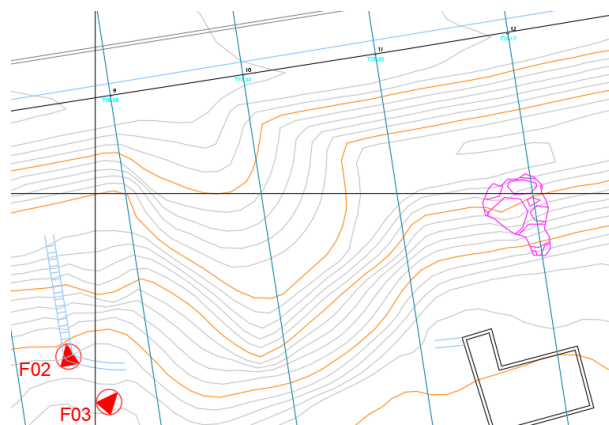


Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

A partir dessas informações deu-se início à confecção da Planta Planialtimétrica de Detalhe, a qual tem como função detalhar as características superficiais do terreno e gerar uma representação gráfica das propriedades da área de estudo. Nela é possível encontrar as curvas de nível sobrepostas aos detalhes encontrados no local, como, por exemplo, as canaletas pluviais, sarjetas, pista de rolamento e edificações, conforme imagem abaixo.

Por fim, com a Planta Planialtimétrica de detalhe é possível verificar todas as informações necessárias para que se possa dar início aos estudos e à tomada de decisão quanto à reparação do deslizamento do talude.

Figura 24 - Planta Planialtimétrica de Detalhe



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

4.1 Análise dos produtos gerados

A partir do processamento dos pontos topográficos utilizando o software *CHC Geomatics Office 2* e posteriormente o processamento das imagens áreas obtidas pelo voo de drone através do software fotogramétrico *Agisoft PhotoScan Professional* foram obtidos produtos como MDT, curvas de níveis com grande precisão e ortofoto georreferenciada de alta resolução, bem como a Planta planialtimétrica de detalhe, todos esses gerados através do software MapInfo além do auxílio dos demais software citados acima.

4.2 Análise de qualidade da ortofoto

Após o processamento dos dados, foram obtidos junto ao software uma estimativa total dos erros médios de posição em metros das imagens. Estas informações são apresentadas na tabela 1 e refere-se aos eixos X, Y e Z.

Tabela 1 - Erro médio de localização da câmera

X erro (m)	Y erro (m)	Z erro (m)	XY erro (m)	Total erro (m)
1,9583	2,3982	69,7794	3,0962	69,8481

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Conforme exposto na tabela 2. Os erros apresentados não são confiáveis para a elaboração dos produtos requeridos, dessa forma, houve a necessidade da inserção

dos pontos de controle no processamento, conforme detalhado nos itens anteriores. Dessa forma, a tabela abaixo detalha o erro médio quadrático total em relação aos 10 pontos de controle rastreados em campo.

Tabela 2 - Erro quadrático médio dos pontos de controle

Núm.	X erro (cm)	Y erro (cm)	Z erro (cm)	XY erro (cm)	Total erro (cm)
10	1,4445	0,9407	0,1099	1,7238	1,7238

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

Cabe salientar a importância da utilização de pontos de controle em levantamentos topográficos, tendo em vista que diminuem de forma substancial os erros encontrados no processamento, tornando assim um trabalho de grande confiabilidade.

Quanto a qualidade final da ortofoto, foi apresentada resolução espacial de 2,98cm/pix, gerando assim produto de ótima qualidade, principalmente na porção central da imagem, devido a maior sobreposição de imagens estabelecidas no plano de voo, podendo evidenciar assim detalhes importantes encontrados em campo e conseqüentemente apresenta-los na Planta Planialtimétrica.

Próximo às bordas do ortomosaico, ou seja, nas regiões mais afastadas do centro, é nítida uma perda na qualidade das imagens, aparecendo algumas distorções, conforme figura abaixo. O motivo seria a menor sobreposição de imagens nesses locais. Erro este que foi minimizado com um voo planejado que abrangeu uma área maior que a necessária para os devidos estudos de contenção.

Figura 25 – Distorções nas bordas da Ortofoto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

4.2.1 Análise altimétrica

Com os pontos topográficos processados sobrepostos a ortofoto georreferenciada é possível realizar uma análise precisa do produto gerado, verificando a precisão em que se encontram as curvas de nível em torno da área de estudo. Para se obter um maior grau de precisão das curvas de nível é imprescindível que o operador do GPS RTK cadastre com maior detalhamento possível os acidentes geográficos encontrados em campo, desde grandes erosões até pequenas ravinas, tudo que possa interferir na declividade do terreno deve ser levantado.

Outro ponto que devemos salientar é a importância da qualidade na filtragem durante o processamento das imagens aéreas. A partir do modelo digital de elevação foi possível desconsiderar todos os objetos que estavam em um nível acima da cota do terreno e que poderiam interferir nas informações de altitude com a finalidade da produção das curvas de nível, como por exemplo, a presença de copa de árvores, edificações e vegetação alta. Dessa forma, após a filtragem dos dados,

o software faz a leitura apenas das informações que realmente apresentam a cota real do terreno, evitando um possível erro de interpretação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração deste presente estudo possibilitou uma análise mais aprofundada de duas das principais tecnologias que estão disponíveis no mercado de construção civil. Além do mais, foi apresentado um estudo de caso referente a um levantamento topográfico que necessitou de diferentes tecnologias para melhor obtenção de informações acerca da área de estudo, possibilitando trazer os dados de forma mais consistente sobre as etapas de processos, os equipamentos e softwares utilizados e as condições de trabalho.

A intenção deste estudo foi a demonstração da aplicabilidade de duas tecnologias que podem ser aplicadas de forma conjunta trazendo maior confiabilidade e exatidão dos dados coletados. É notório que tanto os dados obtidos junto ao GPS RTK quanto às imagens aéreas obtidas junto ao voo de drone apresentam características diferentes que se complementam no intuito de facilitar a interpretação dos dados e das tomadas de decisão.

Cabe salientar que para a utilização destas tecnologias em campo é necessário boas condições climáticas, tendo em vista que tais equipamentos não foram feitos para ficarem expostos a chuva, principalmente o drone, que necessita de boa luminosidade natural para que a ortofoto fique nas condições adequadas para a sua melhor interpretação, além de se tornar um fator de perigo ao ser utilizado com chuva, aumentando o risco de queda e possíveis acidentes.

Outro fator limitante a aplicação do GPS RTK e Drones seria a utilização destes equipamentos em locais de mata, principalmente matas com árvores de copas densas, tornando-se um dificultador para tais tecnologias tanto na habitual perda de sinal quanto na dificuldade de visualização do solo e conseqüentemente menor eficácia quanto a precisão dos dados obtidos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (vant) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Católica de Pernambuco, Recife. 2014. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/agricultura/topografia/artigos/ESTUDO%20SOBRE%20O%20USO%20DE%20VEICULO%20AEREO%20NAO%20TRIPULADO%20VANT%20PARA%20MAPEAMENTO%20AEREO%20COM%20FINS%20DE%20ELABORACAO%20DE%20PROJETOS%20VIARIOS.pdf>. Acesso em: 27 de setembro de 2024

LIMA, PEDRO DAVID RODRIGUES. **Aerofotogrametria por meio de vants: análise da viabilidade no levantamento planialtimétrico.** Disponível em: https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/6058/1/PedroDRL_MONO.pdf. Acesso em 09 de setembro de 2024.

BOMFIM, João Fellipe Silva et al. **A importância da topografia na construção civil: um estudo de caso do conjunto habitacional Jubiabá Gabriela – Unex, Itabuna, 2022.** Disponível em <https://repositorio2.unifc.edu.br/items/78e5058b-76bb-476c-bb1b-8255252a6b4b>. Acesso em: 21 Setembro. 2024.

DIAS, Larissa Martins. **Avaliação de diferentes metodologias em levantamentos planialtimétricos** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/1597b8ef-5c06-4c4e-8c6a-900f5334aa53>. Acesso em: 22 Setembro. 2024.

ISHIDA, Andrei Renan. **A importância da topografia e da locação de obras na construção civil** – Faculdade Anhanguera, Leme, 2018. Disponível em: http://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/27310/1/GUILHERME_BRAND%C3%83O_ATIVIDADE3.pdf. Acesso em: 18 Setembro. 2024.

Moura, Marcos Maciel Frota de. **A importância da topografia na engenharia civil:** – Faculdade Pitágoras, Paragominas, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/38052/1/AndersonFabianodeMoura.pdf>. Acesso em: 18 Setembro. 2024.

DA SILVA, Hévellin Cristina. **Aplicação da Topografia na Engenharia Civil**., 2020. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/topografia_aplicada_na_engenharia_civil.pdf. Acesso em: 22 Agosto 2024.

TEIXEIRA, N. N.; PAULO, A.; CRUZ JÚNIOR, D. C. Gestão Urbana: Avaliação do Desempenho da Técnica de Posicionamento GNSS RTK. Revista de Gestão e Secretariado, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 11345–11370, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i7.2287. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2287>. Acesso em: 2 out. 2024.

XAVIER, Brayan Sedlacek. **Topografia: Levantamento Convencional x Aerofotogrametria** – Instituto Ensinar Brasil, Juiz de Fora, 2020. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3696/1/Brayan%20Sedlacek%20Xavier.pdf>. Acesso em: 10 de Outubro. 2024.

CASSEMIRO, G. H. M.; PINTO, H. B.. **Composição e processamento de imagens aéreas de alta-resolução obtidas com Drone**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Brasília, Brasília. 2014. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/9276>. Acesso em: 27 de setembro de 2024.

MANUEL, A.; VIDAL, F. **Extração e avaliação de geo- informação pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/70250/2/24573.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2024.