



USO DE DRONE EM LEVANTAMENTO PLANIALTIMETRICO PARA OBTENÇÃO DE ORTOFOTO E MODELO DIGITAL DO TERRENO

André Luiz Corrêa

Graduando em Engenharia Civil, UNIARA, Araraquara – SP, alcorrea1990@gmail.com

José Eduardo Quaresma

Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento, UNIARA, Araraquara – SP,
quaresma@gmail.com

Resumo: Este trabalho tem como objetivo preconizar-se de uma forma clara e objetiva uma metodologia para a execução dos voos, para melhor simulação e obtenção das imagens que serão usadas para a criação do modelo digital do terreno e a ortofoto referenciada.

Palavras-chave: Ortofoto. Drone. Modelo digital do terreno.

USE OF DRONE IN PLANIALTIMETRIC LIFTING FOR ORTOFOTO AND DIGITAL GROUND MODEL

Abstract: The objective of this work is to clearly and objectively recommend a methodology for the execution of flights, to better simulate and obtain the images that will be used for the creation of the digital terrain model and the referenced orthophoto.

Keywords: Ortofoto. Drone. Digital terrain model.

1 INTRODUÇÃO

O levantamento Planialtimétrico é uma das primeiras atividades a serem executadas em projeto de engenharia civil, e se constitui em detalhar a superfície do terreno informando todo e qualquer objeto que seja importante para o estudo e/ou projeto futuro.

Com o avanço da tecnologia, os equipamentos topográficos deixaram de ser mecânicos e se tornaram cada vez mais digitais, aumentando assim cada vez mais a produtividade, e reduzindo o tempo em campo, conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida do operador.

E nessa busca por ferramentas com melhor produtividade e precisão, presenciou-se a chegada dos drones; com pequenas dimensões e de fácil manuseio, tornou-se um equipamento de auxílio para os métodos tradicionais, ou até mesmo a sua substituição, devido à eficiência proporcionada, principalmente em regiões de difícil acesso. Por se tratar de algo novo há poucos padrões de avaliação da qualidade dos produtos gerados, sendo o mais utilizado, no Brasil, o Decreto 89.870 de 20 de julho de 1984, que foi definido para a cartografia em geral.

Este trabalho objetiva detalhar os procedimentos necessários para utilização de um drone no desenvolvimento de atividades planialtimétricas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição de levantamento planimétrico

De acordo com NBR 13.133: 1994, define-se como levantamento planimétrico acrescido da determinação planimétrica da posição de certos detalhes visíveis ao nível e acima do solo e de interesse à sua finalidade, tais como: limites de vegetação ou de culturas, cercas internas, edificações, benfeitorias, posteamentos, barrancos, árvores isoladas, valos, valas, drenagem natural e artificial, etc. Estes detalhes devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução.

2.2 Definição de levantamento planialtimétrico

De acordo com NBR 13.133: 1994, Levantamento topográfico planialtimétrico acrescido dos elementos planimétricos inerentes ao levantamento planimétrico, que devem ser discriminados e relacionados nos editais de licitação, propostas e instrumentos legais entre as partes interessadas na sua execução.

2.3 DRONE

Segundo o manual de Orientações para usuários de drones (ANAC, 2017), o termo “DRONE” é usado popularmente para descrever qualquer aeronave (e até mesmo outros tipos de veículos) com alto grau de automatismo. De forma geral, toda aeronave DRONE é considerada uma aeronave não tripulada categorizada como Aeromodelo, RPA ou Aeronave Não Tripulada Autônoma.

2.4 Classificação das RPA e os tipos de operação

Segundo o manual de Orientações para usuários de drones (ANAC, 2017), as RPA estão divididas em três classes (Figura 1), de acordo com o peso máximo de decolagem, no qual devem ser considerados os pesos do equipamento, da bateria ou combustível, e da carga eventualmente transportada:

- ✓ Classe 1 – Peso máximo de decolagem maior que 150 kg
- ✓ Classe 2 – Peso máximo de decolagem maior que 25 kg e até 150 kg
- ✓ Classe 3 – Peso máximo de decolagem de até 25 kg

Conforme consta no manual, as operações são divididas em três categorias, sendo elas:

- ✓ Operação BVLOS – Operação na qual o piloto não consegue manter a RPA dentro de seu alcance visual, mesmo com a ajuda de um observador.
- ✓ Operação VLOS – Operação na qual o piloto mantém o contato visual direto com a RPA (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos).
- ✓ Operação EVLOS – Operação na qual o piloto remoto só é capaz de manter contato visual direto com a RPA com auxílio de lentes ou de outros equipamentos e de observadores de RPA.

Figura 1: Resumo da Regulamentação da ANAC

	RPA Classe 1	RPA Classe 2	RPA Classe 3	Aeromodelos
Registro da aeronave?	Sim	Sim	BVLOS: Sim VLOS: Sim ¹	Sim ¹
Aprovação ou autorização do projeto?	Sim	Sim ²	Apenas BVLOS ou acima de 400 pés ²	Não
Limite de idade para operação?	Sim	Sim	Sim	Não
Certificado médico?	Sim	Sim	Não	Não
Licença e habilitação?	Sim	Sim	Apenas para operações acima de 400 pés	Apenas para operações acima de 400 pés
Local de operação	A distância da aeronave não tripulada NÃO poderá ser inferior a 30 metros horizontais de pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação. O limite de 30 metros não precisa ser observado caso haja uma barreira mecânica suficientemente forte para isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes. Esse limite não é aplicável para operações por órgão de segurança pública, de polícia, de fiscalização tributária e aduaneira, de combate a vetores de transmissão de doenças, de defesa civil e/ou do corpo de bombeiros, ou operador a serviço de um destes.			

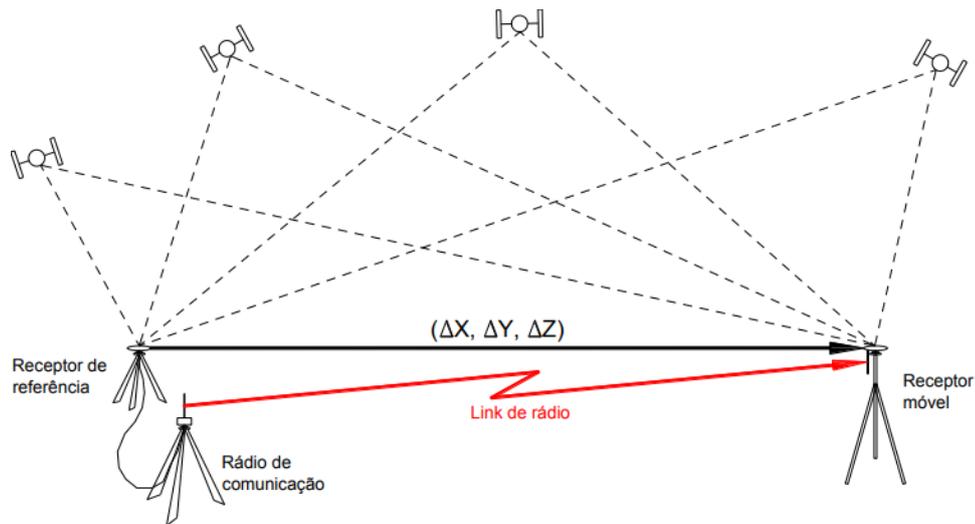
Fonte: Manual de orientações para usuários de drones (ANAC, 2017).

2.5 GPS GNSS RTK

Conforme consta no MANUAL TÉCNICO DE POSICIONAMENTO (INCRA, 2013) o conceito de posicionamento pelo RTK (Real Time Kinematic) baseia-se na transmissão instantânea de dados de correções dos sinais de satélites, do(s) receptor(es) instalado(s) no(s) vértice(s) de referência ao(s) receptor(es) que percorre(m) os vértices de interesse. Desta forma, proporciona o conhecimento instantâneo (tempo real) de coordenadas precisas dos vértices levantados.

No mesmo manual consta ainda, que o modo RTK convencional, os dados de correção são transmitidos por meio de um link de rádio do receptor instalado no vértice de referência ao(s) receptor (es) que percorre(m) os vértices de interesse. A solução encontrada é uma linha de base única, conforme Figura 2.

Figura 2: Imagem RTK convencional



Fonte: Manual técnico de posicionamento (INCRA, 2018).

2.6 Sistema de referência geodésico

De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2018), o sistema de referência é composto por uma figura geométrica representativa da superfície terrestre, posicionada no espaço, permitindo a localização única de cada ponto da superfície em função de suas coordenadas tridimensionais, e materializado por uma rede de estações geodésicas. Coordenadas, como latitude, longitude e altitude, necessitam de um sistema geodésico de referência para sua determinação.

E desde 25 de fevereiro de 2015, o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil.

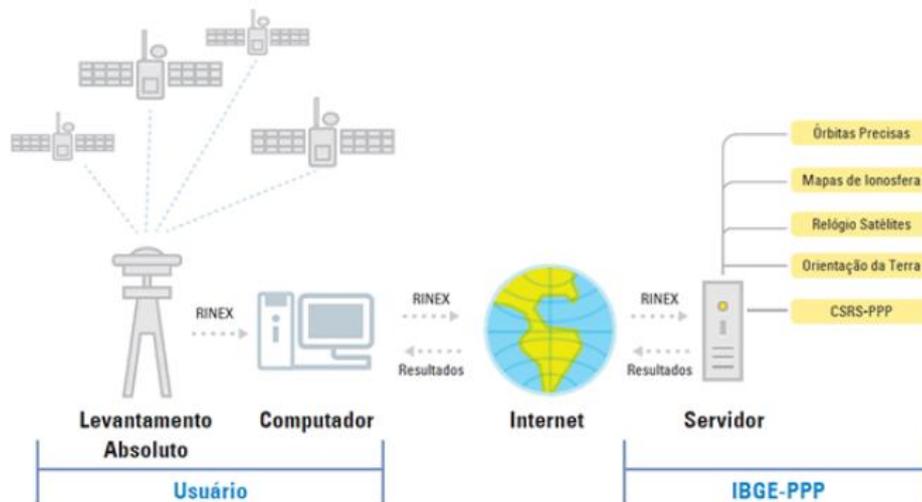
2.7 Posicionamento por ponto preciso

De acordo com o IBGE (2018), PPP (Posicionamento por Ponto Preciso) é um serviço online gratuito para o pós-processamento de dados GNSS (Global Navigation Satellite System), que faz uso do programa CSRS-PPP (GPS Precise Point Positioning) desenvolvido pelo NRCAN (Geodetic Survey Division of Natural Resources of Canada). Ele permite aos usuários com receptores GPS e/ou GLONASS obterem coordenadas referenciadas ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e ao ITRF (International Terrestrial Reference Frame) através de um processamento preciso. O IBGE-PPP processa

dados GNSS (GPS e GLONASS) coletados por receptores de uma ou duas frequências no modo estático ou cinemático.

E ao término do processamento, é disponibilizado um link para obtenção dos arquivos com os resultados contendo todas as informações necessárias para a correção da base, resultados esses que são aceitos pelos órgãos de retificação ou certificação de imóveis rurais (Figura 3).

Figura 3: Ilustração dos procedimentos



Fonte: IBGE, 2018

2.8 Ortorretificação

Segundo Martin (2015), é um processo que visa corrigir uma imagem, de modo que cada pixel é colocado na posição geométrica teórica como se eles tivessem sido imageados na vertical ou mais próximo desta situação. Desse modo, a ortorretificação tem por objetivo gerar uma imagem em que as distorções internas (do sistema) e externas (da paisagem) são corrigidas, tornando as coordenadas mais precisas, e corrigindo os efeitos de perspectivas e a influência do relevo (vales e morros) sobre a geometria da imagem.

2.9 GSD

Segundo Silva Neto (2016), GSD é uma sigla em inglês que significa Ground Sample Distance, que, na tradução literal significa “Distância de amostra do solo”, e é a representação do pixel da imagem em unidades de terreno (geralmente em cm).

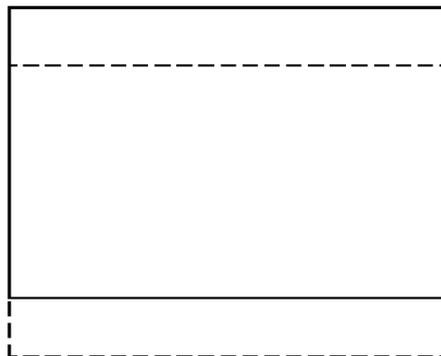
Sendo necessária a verificação do nível de detalhamento que será usado para seu produto final, é através dele que se estima a altura de voo a ser feito. De modo prático, todo objeto menor que seu GSD não será visto na ortofoto.

2.10 SOBREPOSIÇÃO DE IMAGEM

Seria a reprodução de uma visão estereoscópica, ou seja, visualizar um objeto por dois ângulos diferentes, igual a habilidade humana, com isso, é possível determinar a profundidade de objetos presentes na imagem, consequentemente, determinar sua altura e declividade do terreno.

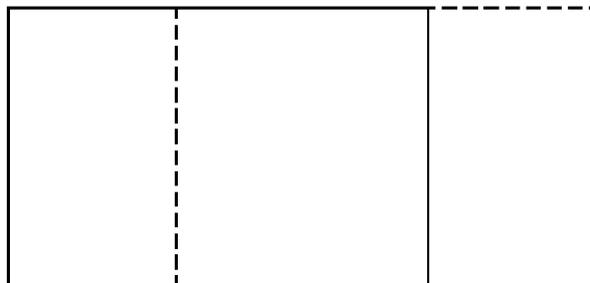
No caso de uso de DRONE, é indicado o fator de sobreposição longitudinal de 80% e de 60% na lateral (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Sobreposição longitudinal 80%



Fonte: Autor

Figura 5: Sobreposição lateral 60%



Fonte: Autor

3 DESENVOLVIMENTO

Para realização do presente trabalho, além da pesquisa bibliográfica, foi apresentado um estudo de caso, em que se apresentam os procedimentos básicos a serem executados, dentro e fora do escritório e os produtos gerados a partir de software de processamento de imagem, o qual faz a junção de ciência (fotogrametria), tecnologia (DRONE) e engenharia (topografia).

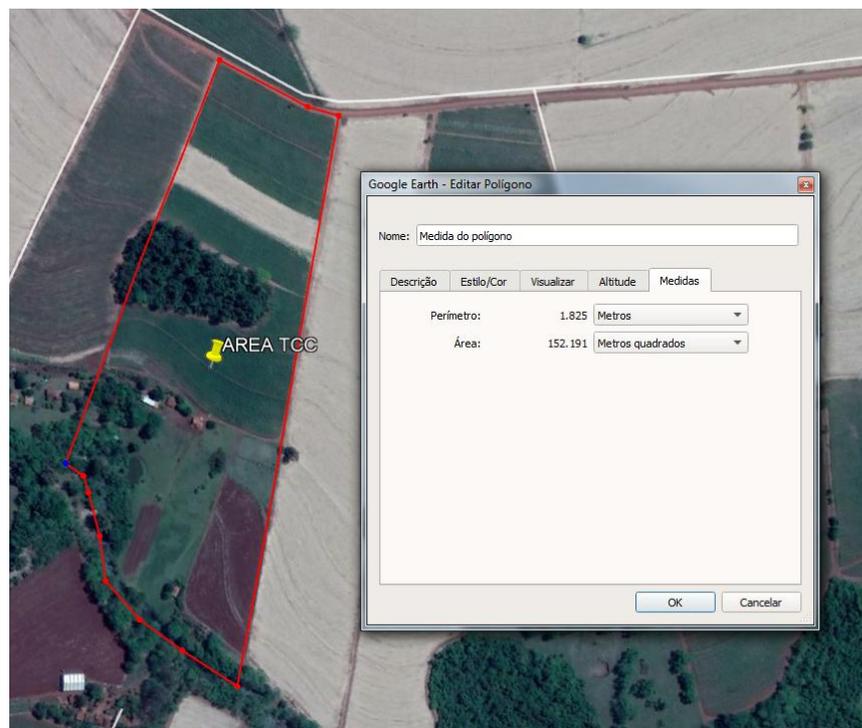
3.1 Local do Estudo

O estudo foi realizado no sítio Riacho Doce (área de 152.191 m²), localizado no município de Nova Europa – SP, que segundo o IBGE (2018), tem uma população estimada de 11.013 pessoas e densidade demográfica 58,00 hab/km².

3.2 Conhecimento da área

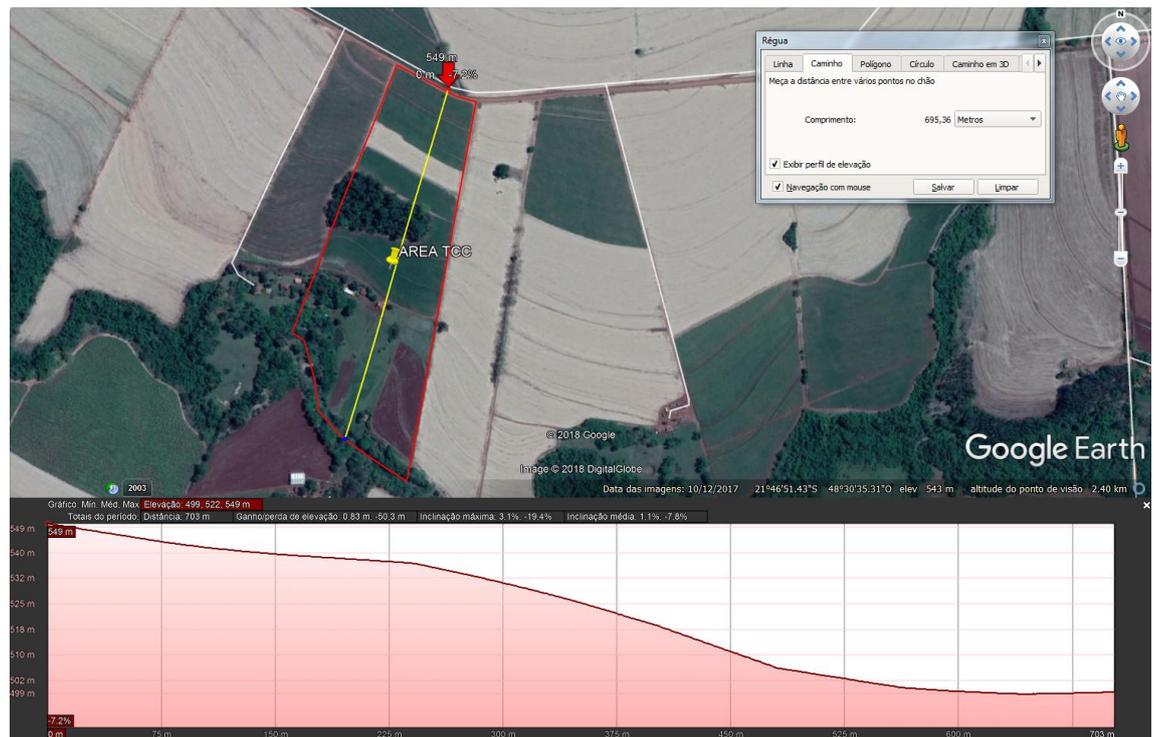
Como primeiro estudo da área foi utilizado o programa aberto GOOGLE EARTH PRO, para se ter ideia de tamanho, altimetria e as possíveis dificuldades a serem superadas. (Figuras 6 e 7)

Figura 6: Imagem do GOOGLE EARTH PRO com polígono aproximado de divisa



Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2018.

Figura 7: Imagem do GOOGLE EARTH PRO com perfil de elevação



Fonte: GOOGLE EARTH PRO, 2018.

3.3 Equipamentos

3.3.1 DRONE

Por se tratar de uma área relativamente pequena, será usado um multirrotores quadricóptero, modelo PHANTOM 4 PRO, da fabricante DJI, juntamente com um IPAD, conectado via cabo com o rádio controle que se tornará uma tela para visualização e comunicação do software de voo com o DRONE (Figura 8).

Figura 8: DRONE PHANTOM 4 PRO e IPAD.



Fonte: Autor

3.3.2 GPS GNSS RTK

Para poder ter um produto georreferenciado, é necessário o auxílio de um equipamento topográfico. Nesse estudo foi utilizado um do tipo GPS GNSS RTK (Figura 9), por não ser necessário estacionar a base em um marco de referência, com isso reduzindo ainda mais o tempo em campo. Porém este equipamento tem limitações; devido a trabalhar com sinais de rádio e satélite, deverá ser implantado em lugar aberto, longe de vegetação e materiais de metal, para que não haja interferência de sinal.

Figura 9: GPS GNSS RTK.



Fonte: Autor

3.3.3 Pontos de apoio

Pontos de apoios são pontos foto identificáveis, ou seja, são objetos que estão no terreno e que irão aparecer na foto, podendo ser implantados pelo operador ou já existentes na área (Figura 10).

Para implantação desses pontos, alguns cuidados devem ser levados em conta, para evitar possíveis problemas por não existir um padrão:

- ✓ Proximidade com vegetação
- ✓ Lugares de trânsito de veículos
- ✓ No caso de implantação de ponto feito com material leve, é recomendado fixá-lo no chão; no caso em estudo foi usado um prego.
- ✓ O tamanho do ponto de apoio deverá ser compatível com a altura de seu voo.
- ✓ Implantar, de forma homogênea, priorizando grandes variações de altitude.

Figura 10: Ponto de apoio confeccionado em EVA.



Fonte: Autor

3.3.4 Computador

Por se tratar de um trabalho de processamento de imagem, acaba-se exigindo muito do equipamento, não podendo ser utilizado por qualquer tipo de computador, mas sim um com configurações bem mais avançadas do que os encontrados no mercado convencional. Abaixo segue configuração utilizada e recomendada:

Configuração do hardware:

- ✓ Processador i7 Intel core 8ª geração
- ✓ Placa de vídeo GTX1080 ti 11GB
- ✓ 32 GB ddr4
- ✓ Refrigeração Water Cooler

3.4 Procedimentos pré-serviço em campo

3.4.1 Verificação dos equipamentos

No dia que antecede o serviço em campo é necessário checar as bateria de todos os equipamentos e a verificação de seus cartões de memória, local este que armazena os dados brutos, para posteriormente serem processados.

3.4.2 Verificação climática

Para garantir uma qualidade de imagens, é essencial verificar a previsão do tempo para o local e a data do voo. Para essas verificações climáticas foi feita uma consulta do site CPTE-INPE (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), em que foram observados os seguintes parâmetros:

- ✓ Probabilidade de chuva
- ✓ Direção e intensidade do vento
- ✓ Nebulosidade

A chuva é o principal fator limitante, por se tratar de um equipamento eletrônico. Em relação ao vento, deverá ser feita uma verificação no manual técnico do fabricante. Quanto às nuvens, estas poderão criar sombras e dificultar a visualização dos objetos nas fotos.

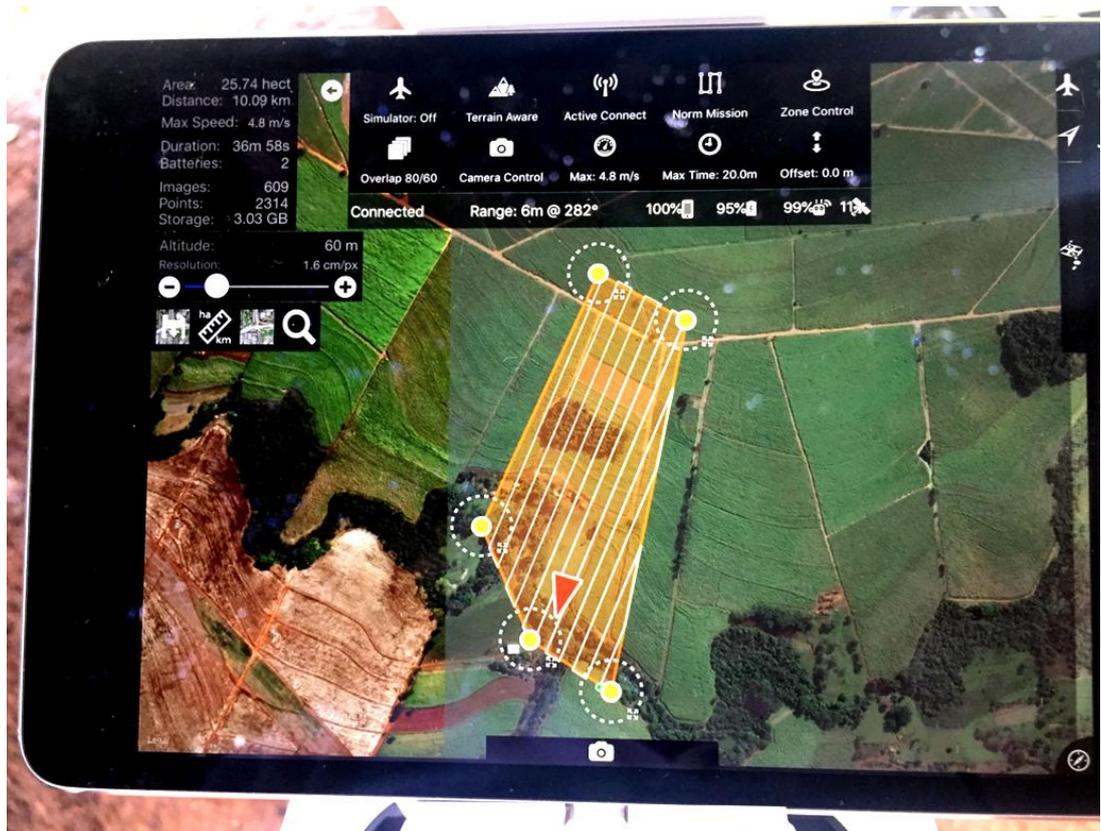
3.4.3 Plano de voo

Podendo ser feito de modo autônomo ou manual, é a etapa do planejamento da missão, em que será limitado o perímetro de voo, GSD, quantidade de bateria necessária, índice de sobreposição de imagem e verificação do melhor lugar para pouso e decolagem.

Para o presente estudo foi utilizado um software de voo autônomo, o MAP PILOT (Figura 11), por conter uma base de dados dos mapas com estimativa de altimetria, o que faz com que o drone voe na mesma altura todo o percurso, podendo assim ter uma menor variação de GSD, além de transmitir em tempo real a telemetria da missão, com isso, caso seja verificada alguma anomalia, poderá interromper o voo e solicitar que retorne a base.

Um das vantagens de se utilizar softwares de voo automatizado, é que caso seja necessário trocar a bateria, ele memoriza onde foi retirada a última imagem, e, após a troca, ele retornará exatamente para este local.

Figura 11: Plano de voo



Fonte: Autor

3.4.4 Janela de voo

É o intervalo de tempo recomendado para a execução do voo, de forma a evitar ao máximo as sombras dos objetos e, com isso, evitar possíveis interferências no processamento das imagens. Para estimativa do melhor horário é feita uma consulta no site da CPTE-INPE, em que é possível verificar a hora do nascer e pôr do sol; com isso é feita uma média para localizar a hora de pico, à qual somamos duas horas e subtraímos duas horas para achar o intervalo de voo, podendo ser verificado abaixo:

$$\mathbf{Hpico} = \frac{\mathbf{Hnasc} + \mathbf{Hpor}}{\mathbf{2}}$$

Onde:

Hpico – Hora de pico (h);

Hnasc – Hora do nascer do sol (h);

Hpo – Hora do pôs do sol (h).

$$\mathbf{Hpico} = \frac{\mathbf{05:21} + \mathbf{18:35}}{\mathbf{2}}$$

$$\mathbf{Hpico} = \mathbf{11:58\ h}$$

Hora de inicio da janela de voo:

$$\mathbf{Hini} = \mathbf{Hpico} - \mathbf{2\ h}$$

Onde:

Hini – Hora de inicio da janela do voo (h);

Hpico – Hora de pico (h);

$$\mathbf{Hini} = \mathbf{11:58} - \mathbf{2\ h}$$

$$\mathbf{Hini} = \mathbf{09:58\ h}$$

Hora de final da janela de voo:

$$\mathbf{Hfin} = \mathbf{Hpico} + \mathbf{2\ h}$$

Onde:

Hini – Hora de inicio da janela do voo (h);

Hpico – Hora de pico (h);

$$\mathbf{Hini = 13:58 + 2 h}$$

$$\mathbf{Hini = 13:58 h}$$

Portanto a janela de voo para esse dia teve inicio às 09h58 e terminou às 13h58, sendo este o melhor período para voo.

3.4.5 Check list

É recomendado antes da ida a campo fazer um check list de todos os equipamentos, para evitar problemas, ou até mesmo tornar inviável o voo, aumento custos e tempo. Na imagem abaixo um exemplo a ser seguido:

Quadro 1: Check list

CHECK LIST	OK
BATERIAS DRONE	
BATERIAS GPS	
IPAD E CABO USB	
PONTOS DE APOIO	
PREGO E MARTELO	
CARTAO DE MEMORIA (GPS E DRONE)	
CHAPEU	
PROTETOR SOLAR	
GPS	
DRONE	

Fonte: Autor

3.5 Execução em campo

É quando será colocado em prática tudo aquilo visto anteriormente, tomando as devidas precauções.

1. Instalação do GPS GNSS RTK
2. Fixação e coleta dos pontos de apoio
3. Preparação do DRONE
4. Voo
5. Recolhimento dos equipamentos e ponto de apoio

3.6 Trabalhos em escritório

3.6.1 Processamento dos dados brutos do GPS GNS RTK

Para se obter uma coordenada precisa é necessário processar os dados brutos da base, para então corrigí-la. Para esse estudo foi utilizado o pós processamento PPP (Posicionamento por ponto preciso).

3.6.2 Descarregamento das imagens do DRONE

Transferir as imagens armazenadas no cartão de memória do DRONE para o computador a ser utilizado no processamento das imagens.

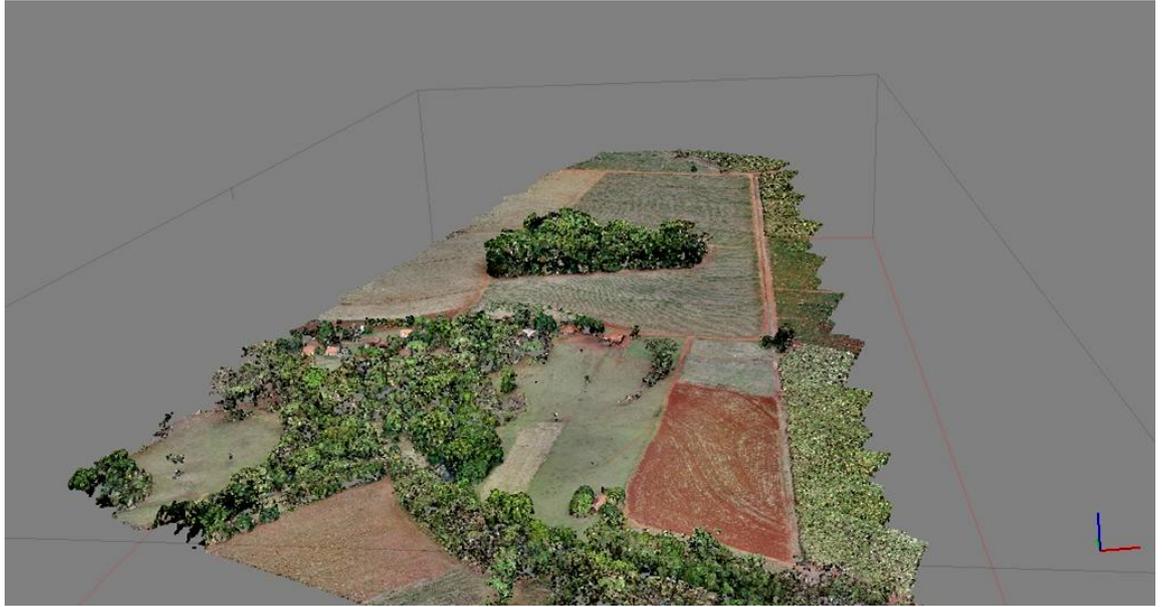
3.6.3 Processamento das imagens

Para o processamento das imagens, foi utilizado o software Agisoft Photoscan, o qual cria o ortomosaico e corrige seu posicionamento, por meio de pontos de apoio. E é através desse software, que serão retirados os materiais que poderão ser usados para a criação, por exemplo, de uma planta de Levantamento Planialtimétrico.

3.6.3.1 Modelo digital da superfície

Esse tipo de modelo numérico detalha todas as feições da área, onde cada pixel da imagem terá uma altimetria, levando em consideração toda a vegetação e edificações existentes, e é a partir dele que é gerada a ortofoto (Figura 12).

Figura 12: Vista da janela do agisoft photoscan, MDS

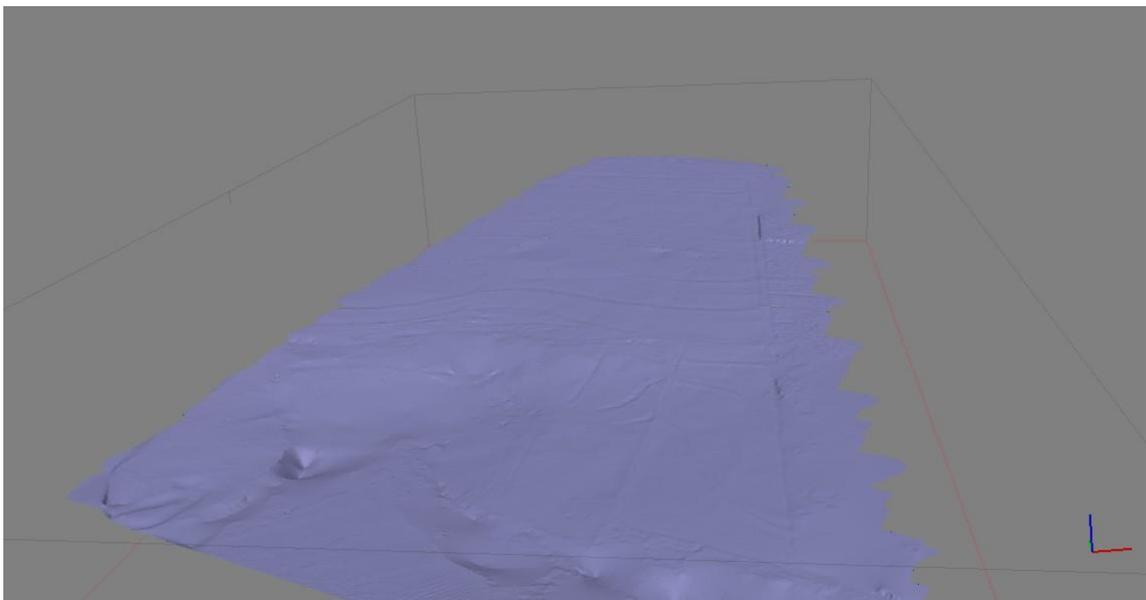


Fonte: Autor

3.6.3.2 Modelo digital do terreno

Vem a ser à filtragem de tudo aquilo que está acima do terreno, podendo ser feito automaticamente pelo software por tentativa e erro ou manualmente, em que o operador identifica os pontos a serem segregados visualmente por projeção 3D e/ou a junção dos dois (Figuras 13 e 14).

Figura 13: Vista da janela do agisoft photoscan, MDT



Fonte: Autor

Figura 14: Vista da janela do agisoft photoscan, MDT com curvas de níveis.



Fonte: Autor

4 CONCLUSÃO

Conforme apresentado neste trabalho, pode-se perceber que a utilização do Drone mostra-se como uma tecnologia que pode proporcionar a realização de várias atividades que antes eram consideradas de custo elevado ou com certo grau de risco de acidentes, por serem utilizadas aeronaves convencionais. Esses acidentes podem ser causados por falta de treinamento do operador, pois os voos a baixa altura podem entrar em rota de colisão com objetos ou pássaros.

Este trabalho preconiza de uma forma clara e objetiva uma metodologia para execução dos voos, para melhor simulação e obtenção das imagens que serão usadas para pós-processamento dos resultados, e com isso a viabilização do modelo digital do terreno e da ortofoto referenciada.

Conclui-se que esse equipamento se mostra como uma ferramenta de suma importância para a execução dos levantamentos planialtimétricos em regiões de difícil acesso, de forma detalha, prática e precisa.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. Orientações para usuários de drones. Disponível em: http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf. Acesso em 28 out. 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro, 1994. Acesso em 21 abr.2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA “IBGE”. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/nova-europa/panorama>. Acesso 03 nov. 2018

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA “IBGE”. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/pmrg/faq.shtm#1>. Acesso 18 nov. 2018

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA “INCRA”. Manual Técnico de Posicionamento. Disponível em: http://www.incra.gov.br/sites/default/files/uploads/estrutura-fundiaria/regularizacao-fundiaria/certificacao-de-imoveis-rurais/manual_tecnico_de_posicionamento_1_edicao.pdf. Acesso 21 de abr. 2018. 37p.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS “CPTEC”. Disponível em: <http://tempo.cptec.inpe.br/sp/nova-europa>. Acesso 21 de ago. 2018

SILVA NETO, M. Para que serve o GSD. Disponível em: <https://cursos.droneng.com.br/course/index/6/>. Acesso 11 de nov. 2018

MARTIN, L. Ortorretificação, o que é e para que serve? Disponível em: <http://www.engesat.com.br/ortorretificacao-o-que-e/>. Acesso 18 de nov. 2018