



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia



IBAPE BAHIA
Instituto Brasileiro de
Avaliações e Perícias de
Engenharia da Bahia

Drones, Uma Importante Ferramenta em Perícias de Engenharia

Joao Paulo Lopes da Silva Polotto



O conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade de seus autores.

TÍTULO:

DRONES, UMA IMPORTANTE FERRAMENTA EM PERÍCIAS DE ENGENHARIA

CLASSIFICAÇÃO DO TRABALHO: TRABALHO DE PERÍCIA

RESUMO

A utilização dos drones nos trabalhos da Engenharia Legal, tem se mostrado uma importante ferramenta de trabalho na busca da constatação e real averiguação dos fatos. Nos trabalhos em que os drones são utilizados, é observado redução de tempo e custo significativos, além disso, melhoria na execução dos trabalhos e na visualização da questão pelos contratantes com a exposição das imagens geradas.

Drone; Perícia; Avaliação; Georreferenciamento; Tecnologia.

Sumário

1. ENGENHARIA LEGAL E PERÍCIAS DE ENGENHARIA	4
2. A VISTORIA NOS TRABALHOS DE ENGENHARIA LEGAL	5
3. EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS DURANTE VISTORIAS	6
4. DRONES/VANTS/RPA`S	8
4.1. COMPONENTES PRESENTES	9
4.2. GERAÇÃO DE MOSÁICOS E ORTOFOTOGRAFIAS	10
4.2.1. CONCEITOS DE FOTOGRAMETRIA	10
4.2.2. SOFTWARES GERADORES DOS MOSAICOS	16
5. EXPOSIÇÃO – DRONE COMO EQUIPAMENTO DE VISTORIA E INSPEÇÃO.	17
5.1. VISTORIA DE ENTREGA DE OBRA	18
5.2. LEVANTAMENTO CONSTRUTIVO	21
5.3. MEDIÇÕES EM AVALIAÇÕES	24
5.4. AVALIAÇÃO COM PATOLOGIAS	26
6. CONCLUSÃO	28
7. BIBLIOGRAFIA	29

Índice Ilustrativo

Figura 1 - Prancheta, Lapis e Papel. Fonte: Freepik	6
Figura 2 – Gravador de Audio. Fonte: Sony	6
Figura 3 – Trena, analógica, digital e de fibra Longa. Fonte: Starrett, Bosch, Vonder.	6
Figura 4 - Teodolito, Estação Total e GPS. Fonte: Freepik, Alezi Teodolini e Autor.	7
Figura 5 - Prumo e Nível. Fonte: EMAVA e Stanley.....	7
Figura 6 – Câmera Fotográfica. Fonte: Canon	7
Figura 7 - Componentes Dji Phantom 4 Pro. Fonte: Dji.	9
Figura 8 - Relações Geométricas entre foto e cena. A para Terreno Plano, B para Terreno Irregular. Fonte: REISS, 2008.....	11
Figura 9 - Esquema de plano de voo com destaque para sobreposições das imagens. Fonte: Rio Branco, Acre, 2018.	12
Figura 10 - Parametros da Orientação Exterior. Fonte: BRITO; COELHO FILHO, 2017.	13
Figura 11 - Vista do Empreendimento. Fonte: Autor.....	18
Figura 12 - Imagem Aérea Vistoria Entrega de Obra. Fonte: Autor - Drone Phantom 4.	18
Figura 13 - Comparação Projeto X Situação Blocos. Fonte: Autor - Dronedeploy.	19
Figura 14 - Mapa 2D. Fonte: Autor - Dronedeploy.	19
Figura 15 - Comparativo de Situações - Área de Lazer. Fonte: Autor - Drone Deploy.	20
Figura 16 - Fachada do Imóvel. Fonte: Autor.	21
Figura 17 - Vista Aérea. Fonte: Autor - Drone Phantom 4	21
Figura 18 - Levantamento de Elevação. Fonte: Autor - Dronedeploy.....	22
Figura 19 - Análise de Modelo 3D sem Impermeabilização. Fonte: Autor - DroneDeploy.....	22
Figura 20 - Modelo 3D - Obtido pela renderização das imagens. Fonte: Autor - DroneDeploy.....	22
Figura 21 - Relatório DroneDeploy. Áreas e Distâncias. Fonte: Autor - Dronedeploy.	23
Figura 22 - Vista do Imóvel. Fonte: Autor.	24
Figura 23 - Vista Aérea. Fonte: Drone Phantom 4	24
Figura 24 - Relatório de Áreas. Fonte: Autor - DroneDeploy.	25
Figura 25 – Mapa Aéreo, Levantamento e Vegetação 2D. Fonte: Autor - DroneDeploy.	25
Figura 26 - Fachada do Avaliando. Fonte: Autor	26
Figura 27 - Situação encontrada. Fonte: Autor.....	26
Figura 28 - Mapa 2D e de Elevação. Fonte: Autor – DroneDeploy.....	27
Figura 29 - Vista Aérea. Fonte: Autor - Drone Phantom 4.	27

1. ENGENHARIA LEGAL E PERÍCIAS DE ENGENHARIA

A Engenharia Legal, compreende ao ramo de especialização da engenharia que atua na interface direito-engenharia, colaborando com juízes, advogados e as partes, para esclarecimento dos aspectos técnicos-legais envolvidos nas demandas onde a Engenharia é presente.

Dentro dos diferentes trabalhos que competem a Engenharia Legal, temos as vistorias cautelares, as inspeções judiciais e as periciais.

De forma simplificada, temos:

- **Vistoria Cautelar:** A vistoria cautelar dá-se através da inspeção tátil-visual das condições aparentes da edificação, podendo contar, eventualmente, com o uso de alguns equipamentos e ferramentas não invasivas. Ou seja, não é capaz de detectar vícios ou anomalias ocultas. Dentro do escopo da vistoria enquadra-se a constatação e registro em laudo técnico das condições físicas aparentes da edificação, não englobando qualquer análise ou classificação das anomalias e falhas, nem exames ou testes para detecção de suas causas e origens, tampouco as recomendações técnicas para solução do problema.
- **Inspeção Técnica/Judicial:** O trabalho de inspeção, assim como a vistoria, possui caráter tátil-visual e não emprega ensaios tecnológicos para sua realização de forma que não são levantadas as causas e origens das anomalias e falhas constatadas nem prescritas soluções para as mesmas. A inspeção registra e analisa os problemas construtivos existentes em um imóvel em uso, classificando-os de acordo com o grau de risco e determinando uma ordem de reparos e intervenções adequada para que os problemas mais graves
- **Perícia de Engenharia:** A perícia trata-se de uma análise mais completa e detalhada se comparada aos trabalhos de vistoria, inspeção ou auditoria. Seu escopo inclui a execução de testes, exames e ensaios tecnológicos para a investigação e determinação das causas e origens de eventuais anomalias e falhas nas edificações. Possibilita, assim, um diagnóstico preciso e completo dos problemas construtivos existentes de forma a evitar retrabalhos, gastos desnecessários e mitigar o ressurgimento do problema – problemas estes ligados a deficiência no diagnóstico das falhas.

De acordo com Pelegriño (2013), na engenharia, Perícia é a busca do Nexo Casual, ou da origem e dos mecanismos de ocorrência que desembocam numa determinada manifestação patológica. Nexo casual é o elemento referencial (vínculo) existente entre a conduta do agente, e o resultado por ela produzido, permitindo concluir que (ou: o que) foi o agente do dano.

Compete ao Perito a elaboração de um “Laudo”, “um Parecer Técnico Fundamentado”, apresentar fatos técnicos comprováveis e demonstráveis que evidenciem uma dada manifestação, no qual não cabem afirmações como: “parece-me”, “se me afigura”, “tudo leva a crer”, indicativas de alta subjetividade e mera opinião não fundamentada.

Já a NBR 13.752/1996, define a Perícia como a atividade que envolve a apuração das causas que motivaram determinado evento ou da asserção de direitos.

Sendo assim, dentro da Engenharia Legal, temos as Perícias que, por sua vez, possuem uma grande diversidade de trabalhos, entre eles a Engenharia de Avaliações.

Conforme Moreira, 1916, a Engenharia de Avaliações não é uma ciência exata, mas sim a arte de estimar os valores de propriedades específicas onde o conhecimento profissional de engenharia e o bom julgamento são condições essenciais.

A recém-publicada NBR14.653-1/2019, compete a norma de Avaliações de bens, Procedimentos gerais, define a Engenharia de Avaliações como sendo o conjunto de conhecimentos técnico-científicos especializados, aplicados à avaliação de bens por arquitetos e engenheiros.

Com isso, temos que as Perícias de Engenharia, podem ser Judiciais ou Extrajudiciais e buscam esclarecimentos técnicos e normativos sobre determinada questão, tendo como produto um Laudo ou um Parecer Técnico.

2. A VISTORIA NOS TRABALHOS DE ENGENHARIA LEGAL

Os trabalhos que compreendem a Engenharia Legal, tem uma etapa em comum é a Vistoria.

A NBR 13.752 e NBR 14.653 define a Vistoria com a constatação local, presencial, de fatos e aspectos, mediante observações criteriosas em um bem e nos elementos e condições que o constituem ou o influenciam.

A vistoria é fundamental para ambos os trabalhos, a vistoria é o momento de o profissional realizar os levantamentos necessários a elaboração do trabalho em questão.

Conforme, Burin e outros, Pini, 2009, as vistorias permitem que um fato relativo a um bem, seja constatado e “perpetuado”, consistindo-se em referência das mais relevantes para eventuais apurações futuras.

Dessa forma, a vistoria é essencial para o bom desempenho na elaboração do Laudo e quando bem realizado a coleta dos dados que constituem a situação do local não há dúvidas que o trabalho será realizado com maior precisão.

É inegável a influência do uso de equipamentos de medição e inspeção, para registro da situação real perpétuo e para o bom desenvolvimento dos laudos técnicos.

3. EQUIPAMENTOS CONVENCIONAIS DURANTE VISTORIAS

Como exemplo de equipamentos convencionais utilizados durante a vistoria que visam a constatação dos fatos, situação e, temos:

Lapiseiras, papeis e pranchetas: Equipamentos simples e fundamentais para anotações das situações observadas, armazenamento dos dados e presentes durante a vistoria;



Figura 1 - Prancheta, Lapis e Papel. Fonte: Freepik

Gravadores: Equipamentos para gravação de observações, entrevistas no momento da vistoria garantindo recordar para a elaboração do laudo no escritório.



Figura 2 – Gravador de Audio. Fonte: Sony

Trenas: Podem ser físicas ou digitais. Possibilitam a conferência de medidas e dimensões de cômodos, manifestações patológicas para constatações, acompanhamentos e controle.



Figura 3 – Trena, analógica, digital e de fibra Longa. Fonte: Starrett, Bosch, Vonder.

Equipamentos Topográficos: Visam a constatação exata das dimensões e posições geográficas de terrenos, edificações e características do relevo. Entre os equipamentos convencionais podemos destacar o Teodolito, a Estação Total e o GPS;



Figura 4 - Teodolito, Estação Total e GPS. Fonte: Freepik, Alezi Teodolini e Autor.

Prumos e Níveis: Buscam a conferência e constatação dos elementos, sendo possível verificar o alinhamento realizado:

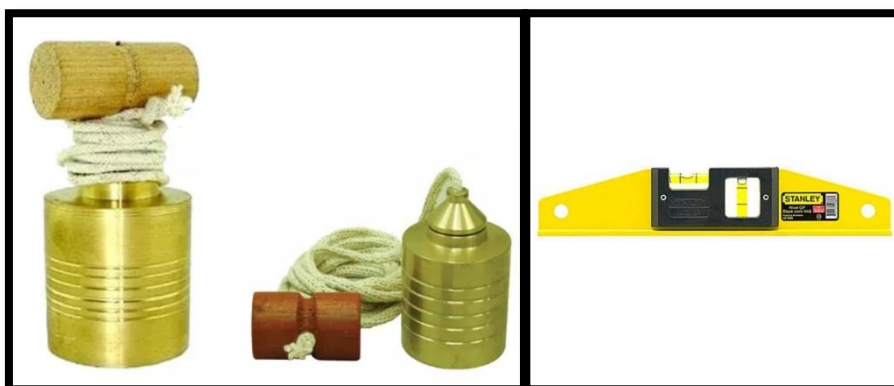


Figura 5 - Prumo e Nível. Fonte: EMAVA e Stanley.

Câmeras Fotográficas: Permitem a constatação real da situação no momento durante a vistoria de forma perpétua, possibilitando a análise posteriormente de outros profissionais através da análise do relatório fotográfico.



Figura 6 – Câmera Fotográfica. Fonte: Canon

4. DRONES/VANTS/RPA`S

Vant, Veículo Aéreo Não Tripulado e RPA, Aeronaves tripuladas remotamente são comumente chamados de drones, que nada mais é do que qualquer aeronave que não necessita de pilotos sendo controlados ou não remotamente, conforme definição do DECEA, departamento de controle do espaço aéreo e ANAC.

No Brasil o VANT é caracterizado como as aeronaves que não possuem caráter recreativo e possuir carga útil embarcada enquanto o RPA pode ser utilizado como hobby ou esporte, o que resulta em uma burocracia menor para sua utilização.

Dessa forma os drones convencionais e que serão mostrados neste trabalho, se enquadram na definição de RPA. A ANAC, divide os tipos de RPA's em três classes de acordo com o peso máximo de decolagem, considerando pesos da bateria ou combustível do equipamento e carga eventualmente transportada, sendo elas:

- 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
 - Aeromodelos ou RPA com peso máximo de decolagem de até 250g
 - RPA com peso máximo de deco-lagem maior que 250g e até 25 kg

Neste trabalho os drones abordados se enquadram na categoria Classe 3, sendo eles, drones com preço acessível e facilmente pilotados. Entre as marcas conhecidas no mercado com qualidade de equipamentos, temos: DJI, Parrot, Yuneec, Husban e Syma.

4.1. COMPONENTES PRESENTES

O que torna os Drones, um equipamento de grande importância nas vistorias e inspeções, não é simplesmente sua capacidade de voar, mas sim, os componentes presentes e possíveis de adaptar nos mesmos.

Como mostra desses componentes, segue abaixo o esquema de componentes do Dji Phantom 4 PRO um dos melhores equipamentos dessa categoria no mercado:



Figura 7 - Componentes Dji Phantom 4 Pro. Fonte: Dji.

Componentes:

- 1. Hélice de encaixe;
- 2. Rotor;
- 3. Led indicativo de condição funcional;
- 4. Sensor ultrassônico de desvio de obstáculos;
- 5. Protetor de lente rosqueável;
- 6. Câmera fotográfica;
- 7. Gimbal eletrônico de três eixos;
- 8. Slot de inserção do cartão micros;
- 9. Slot de conexão de USB;
- 10. Ponto de reset;
- 11. Sensor de infravermelho de desvio de obstáculos;
- 12. Posição superior onde se encontra o GNSS na parte interna da shell;

Com isso, cada imagem capturada é repleta de informações que além de sua imagem, caracterizam a inclinação que a câmera estava, informações de altitude, proximidade a obstáculos, entre outras.

Porém, para utilização de todas essas informações de forma a contribuir nos trabalhos periciais e de avaliação de forma além de simples fotografias aéreas, é necessário a utilização de softwares de fotogrametria digital para construção dos ortofotos (Perin et al., 2016)

4.2. GERAÇÃO DE MOSÁICOS E ORTOFOTOGRAFIAS

O levantamento realizado com os drones, por si só, geram uma quantidade de fotografias inúmeras que em cada fotografia armazenam diversas características obtidas com os sensores, tais como, imagem, altitude e elevação. Porém, analisar as imagens individualmente não revelam o grande potencial dessa ferramenta para constatações e análises.

O verdadeiro potencial dos drones são obtidos com a utilização dos conceitos de fotogrametria junto ao uso de softwares, que analisam todas as características e imagens gerando um mapa com as informações coletadas.

4.2.1. CONCEITOS DE FOTOGRAMETRIA

Entre os principais conceitos de fotogrametria necessários ao entendimento dos softwares na elaboração dos mosaicos e ortofotos com utilização de drones, temos:

- **GEOMETRIA DA FOTOGRAFIA:**

Sendo Wolf, 1983, ao tirar uma fotografia de um objeto qualquer, esta pode estar classificada de acordo com sua geometria:

- Fotografia vertical: O eixo ótico da câmera na vertical ou em até 3 graus inclinada.
- Fotografia baixo-obliqua: Eixo ótico câmera inclinado, mas não o suficiente para mostrar o horizonte;
- Fotografia alto-obliqua: Eixo ótico inclinado o suficiente para mostrar o horizonte terrestre;
- Fotografia Convergente: Par de fotos baixo-obliquas, onde o eixo ótico converge em direção ao outro, cobrindo a mesma proporção do terreno;

As fotografias oblíquas, apesar de haverem uma limitação geográfica para o uso em mapeamento é útil por representar uma área extensa e pelo realce do relevo fotografado, que são itens importantes do reconhecimento do terreno ou construção.

Quando a foto é vertical, é possível a relação geométrica relacionar a fotografia e a cena fotográfica, conforme figuras abaixo:

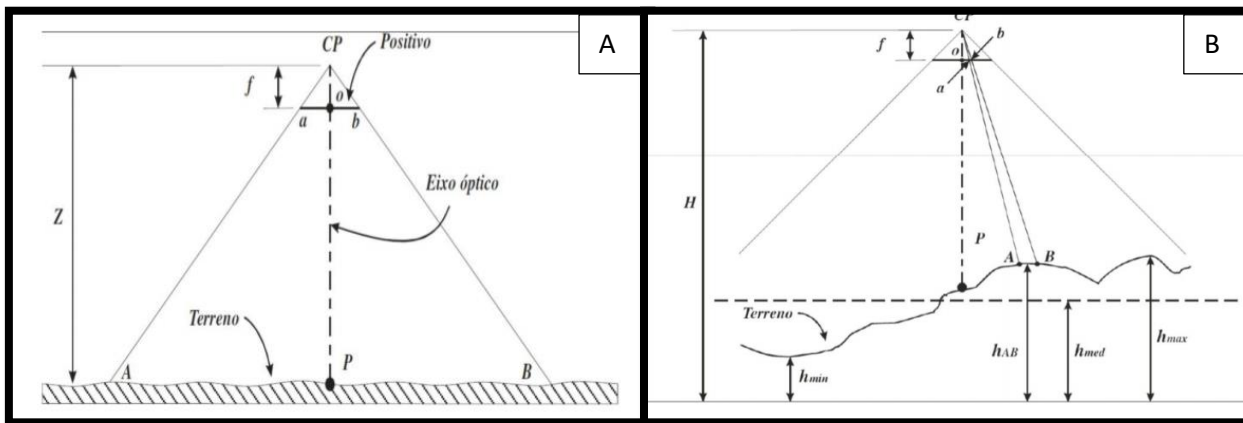


Figura 8 - Relações Geométricas entre foto e cena. A para Terreno Plano, B para Terreno Irregular. Fonte: REISS, 2008.

Onde os parâmetros envolvidos são:

- f é a distancia focal, obtido nas propriedades das imagens;
- AB é a distância conhecida do terreno;
- ab é a distancia medida na imagem;
- Z é a distância câmera-objeto (altura de voo);
- H é a altitude da câmera no momento que a fotografia é tirada;
- h_{ab} é a média entre as altitudes dos pontos A e B;

Com isso, por semelhança de triângulos, temos:

Terrenos Planos:

$$\frac{f}{z} = \frac{ab}{AB}$$

Terrenos Irregulares:

$$\frac{f}{H - h_{ab}} = \frac{ab}{AB}$$

- **SOBREPOSIÇÃO DAS FOTOGRAFIAS:**

A construção de uma ortofoto ou mosaico, necessitam de que as imagens capturadas pelo Drone possuam uma determinada sobreposição.

A sobreposição de imagens nada mais é do que quando em diferentes posições geográficas as fotografias possuem um ponto em comum. Com isso, através de conceitos da geometria da fotografia é possível realizar cálculos para gerar o mosaico com maior precisão.

Entre os tipos de sobreposição, temos a sobreposição lateral e a sobreposição longitudinal, conforme figura abaixo:

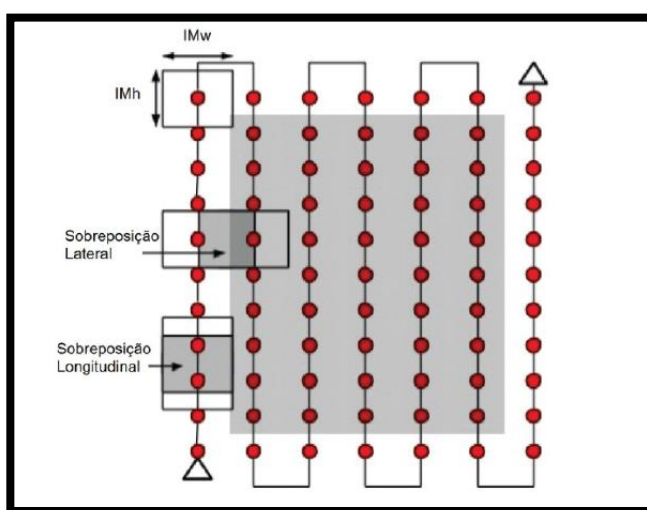


Figura 9 - Esquema de plano de voo com destaque para sobreposições das imagens. Fonte: Rio Branco, Acre, 2018.

É recomendado o mínimo o plano de voo deve prever uma sobreposição longitudinal de 70% e lateral de 60%, para realização de um mosaico.

• ORIENTAÇÕES DA CAMERA

A orientação da câmera, consiste no procedimento de obtenção dos parâmetros, dessa forma, registrando as condições em que foram registradas as fotografias.

As orientações podem ser divididas em:

- **Orientação Interior:** É a recuperação da posição da fotografia em relação a câmera, sendo possível realizar a reconstrução do feixe de luz que gerou a fotografia.
- **Orientação Exterior:** É a determinação da posição e altitude da fotografia em relação ao referencial objeto. Para isso é necessário determinar as coordenadas tridimensionais do centro respectivo e os ângulos de rotação do sensor, chegando-se a um total de seis parâmetros κ , ϕ , ω , XCP, YCP e ZCP, sendo eles identificados na figura abaixo:

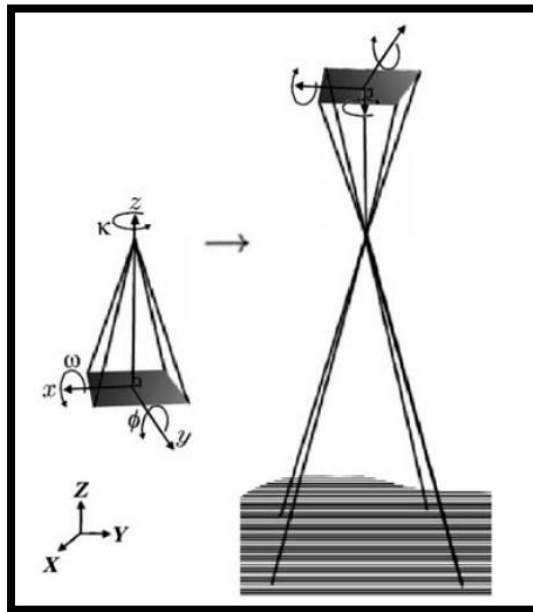


Figura 10 - Parametros da Orientação Exterior. Fonte: BRITO; COELHO FILHO, 2017.

Os drones da fabricante Dji, utilizado neste trabalho, já possuem uma série de equipamentos como, GPS, câmeras, sensores de proximidade e bússolas, que permitem o registro de todos os parâmetros ao realizar uma fotografia. O conjunto dos equipamentos junto ao seu registro permite a colinearidade dos parâmetros e fotografias para gerar o mosaico com precisão.

• EQUAÇÕES DE COLINEARIDADE:

O modelo de colinearidade muito utilizado nos processos fotogramétricos, consiste em um modelo que une por uma reta o ponto no espaço objeto, o ponto na imagem e o centro perspectivo.

Esse modelo permite a formação da imagem. Toda a formulação se baseia em semelhança de triângulos, onde os parâmetros da relação entre os eixos da imagem são proporcionais aos parâmetros do terreno, de acordo com os itens supracitados.

Conforme Galo (2004), as equações de colinearidade são as apresentadas a seguir:

$$x' = x_0 \pm \Delta x - c \cdot \frac{r_{11} \cdot (X - X_{CP}) + r_{12} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{13} \cdot (Z - Z_{CP})}{r_{31} \cdot (X - X_{CP}) + r_{32} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{33} \cdot (Z - Z_{CP})}$$

$$y' = y_0 \pm \Delta y - c \cdot \frac{r_{21} \cdot (X - X_{CP}) + r_{22} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{23} \cdot (Z - Z_{CP})}{r_{31} \cdot (X - X_{CP}) + r_{32} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{33} \cdot (Z - Z_{CP})}$$

Onde:

- x' e y' são as coordenadas do ponto no sistema fiducial;
- x_0 e y_0 são as coordenadas do ponto principal;
- c é a distância focal calibrada;
- X , Y e Z são as coordenadas do ponto no referencial do objeto;
- X_{CP} , Y_{CP} e Z_{CP} são as coordenadas do centro perspectivo da câmara no referencial do objeto;

$R_{i,j}$ são os elementos da matriz de rotação referenciada aos ângulos κ , ϕ e ω , cada um referente a um eixo de rotação (ω está para x , ϕ está para y e κ está para z), sendo:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi \cdot \cos \kappa & \cos \omega \cdot \sin \kappa + \sin \omega \cdot \sin \phi \cdot \cos \kappa & \sin \omega \cdot \sin \kappa - \cos \omega \cdot \sin \phi \cdot \cos \kappa \\ -\cos \phi \cdot \sin \kappa & \cos \omega \cdot \cos \kappa - \sin \omega \cdot \sin \phi \cdot \sin \kappa & \sin \omega \cdot \cos \kappa + \cos \omega \cdot \sin \phi \cdot \sin \kappa \\ \sin \phi & -\sin \omega + \cos \phi & \cos \omega \cdot \cos \phi \end{bmatrix}$$

Δx e Δy representam as distorções causadas pelos erros sistemáticos, sendo negativa quando o plano está no negativo e positiva quando está no dispositivo, e são descritas pelas expressões:

$$\Delta x = \delta x_r + \delta x_d + \delta x_a$$

$$\Delta y = \delta y_r + \delta y_d + \delta y_a$$

δx_r e δy_r , são os elementos referentes à distorção radial simétrica, δx_d e δy_d os elementos da distorção descentrada e δx_a e δy_a os elementos da afinidade.

Segundo Galo (2004), detalhando as expressões, tem-se que:

$$\Delta x = (x' - x_0) \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6) + P_1(r^2 + 2 \cdot (x' - x_0)^2) + 2 \cdot P_2 \cdot (x' - x_0) \cdot (y' - y_0) + A(x' - x_0)$$

$$\Delta y = (y' - y_0) \cdot (K_1 \cdot r^2 + K_2 \cdot r^4 + K_3 \cdot r^6) + P_2(r^2 + 2 \cdot (y' - y_0)^2) + 2 \cdot P_1 \cdot (x' - x_0) \cdot (y' - y_0) + B(x' - x_0)$$

Sendo K1, K2 e K3 os elementos representantes da distorção radial simétrica, P1 e P2 os parâmetros da distorção descentrada e A e B os da afinidade. Com r representando a equação de distância entre o ponto principal e o ponto de interesse no sistema fotogramétrico.

Este é dado pela seguinte equação:

$$r = \sqrt{(x' - x_0)^2 + (y' - y_0)^2}$$

A determinação das coordenadas no referencial do objeto, utiliza as equações de colinearidade inversa, as quais permitem a execução de diversos procedimentos fotogramétricos, como a restituição.

No caso dos drones, eles são capazes de registrar todos os parâmetros utilizados nestas equações através de seus equipamentos presentes.

De forma simplista e ilustrativa, podemos dizer que a equação que representa a geração da ortofoto, mapas, modelos 3, entre outras é determinada pela equação:

$$Mosaico = \int_1^n \frac{\text{Área Fotografada}}{\text{Sobreposição das Fotografias}} dfotografias$$

4.2.2. SOFTWARES GERADORES DOS MOSAICOS

Devido à grande quantidade de cálculos que a geração dos mosaicos implica, para a formação dos mesmos é necessário a utilização de softwares que realizem os mesmos e mostrem o resultado de forma simples para análises nas perícias e avaliações.

Como exemplos desses softwares, temos:

- **Maply:**

Plataforma de Mapeamento desenvolvida no Brasil.

Preços de R\$99,00 a R\$649,00 mensais;

Processamento das imagens em nuvem.

Funcionalidades:

- Elaboração de Planos de Voos;
- Medições
- Cálculo Volumétrico e alterações Volumétricas;
- Monitoramento de Progresso;
- Sobreposição de Projetos e Desenhos;
- Comunicação entre membros de Equipe;
- Mapa 2d;
- Modelo 3d;
- Nuvem de Pontos;
- Curvas de Nível;
- Modelos de Elevação;
- Imagens de inspeção;

- **Dronedeploy:**

Plataforma de Mapeamento americana.

Preços de U\$99,00, U\$299,00 mensais, até planos desenvolvidos para grandes corporações;

Processamento das imagens em nuvem.

Funcionalidades:

- Elaboração de Planos de Voos;
- Permissão de anotações para membros da equipe;
- Medições;
- Relatórios de coberturas e telhados;
- Sobreposição de imagens;
- Mapa 2d;
- Modelo 3;
- Mapas de elevação;
- Mapa de vegetação;
- Levantamento fotográfico automatizado;

- **Pix4D:**

Plataforma de processamento de dados aéreos americana.

Preços mensais de U\$292,00 a U\$350,00 ou preço único de U\$4.990,00.

Processamento das imagens em nuvem ou no PC.

Funcionalidades:

- Elaboração de Planos de Voos;
- Permissão de anotações para membros da equipe;
- Medições;
- Relatórios de coberturas e telhados;
- Sobreposição de imagens;
- Mapa 2d;
- Modelo 3d;
- Mapas de elevação;
- Mapa de vegetação;
- Cálculo Volumétrico e alterações Volumétricas;
- Monitoramento de Progresso;
- Sobreposição de Projetos e Desenhos;

5. EXPOSIÇÃO – DRONE COMO EQUIPAMENTO DE VISTORIA E INSPEÇÃO.

Como demonstração do potencial da utilização dos drones para Perícias e Avaliação serão mostrados aqui diversos casos onde a utilização do Drone gerou constatações fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Todos os trabalhos citados foram elaborados com drone, com as seguintes especificações técnicas:

- Equipamento Drone Phantom 4 – Advanced;
- Resolução da Camera: 4K;
- 20 megapixels;
- Sensores frontais, laterais;
- Detecção de obstáculos via infravermelho;
- Processamento dos dados: Dronedeploy;

5.1. VISTORIA DE ENTREGA DE OBRA

Finalidade: Extrajudicial

Objetivo: Análise dos serviços realizados até o momento e constatações de patologias/vícios construtivos.



Figura 11 - Vista do Empreendimento. Fonte: Autor

Descrição da Situação:

O empreendimento vistoriado contém 2 torres residenciais, com 8 blocos no total, sendo 5 blocos na torre 1 e 3 blocos na torre 2. Dificuldade de registro de todas as informações em curto período e de análise em solo da implantação. Com isso, foi realizado medições com o drone para realização de modelos que permitissem a análise da situação em escritório com precisão.

Imagens obtidas com Drone:



Figura 12 - Imagem Aérea Vistoria Entrega de Obra. Fonte: Autor - Drone Phantom 4.



Figura 14 - Mapa 2D. Fonte: Autor - Dronedeploy.

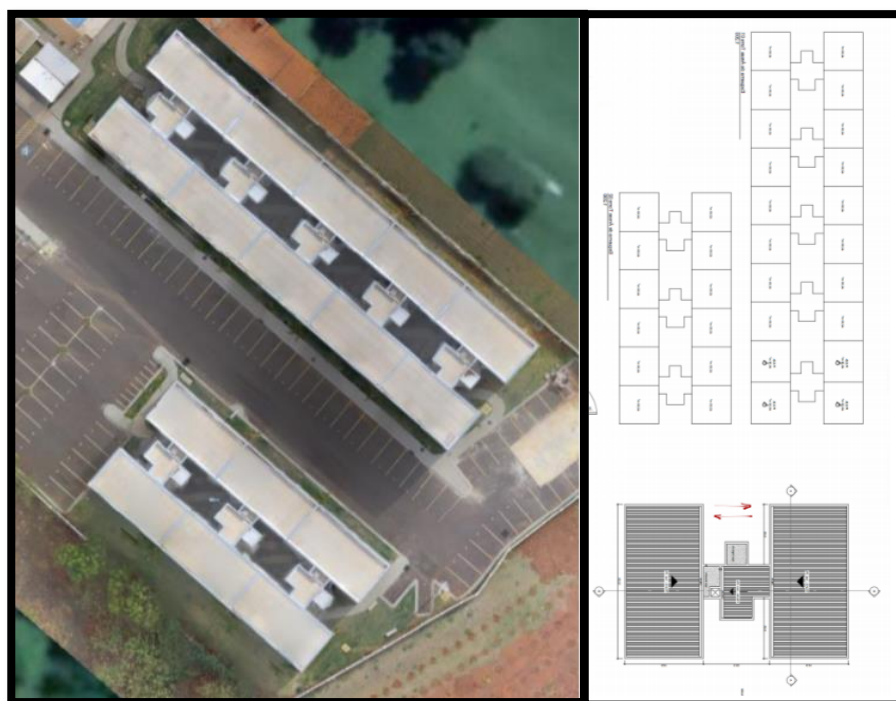


Figura 13 - Comparação Projeto X Situação Blocos. Fonte: Autor - Dronedeploy.



Figura 15 - Comparativo de Situações - Área de Lazer. Fonte: Autor - Drone Deploy.

Conclusões obtidas com utilização do Drone:

Com o uso do drone e renderização de suas imagens foi possível realizar a análise da implantação do empreendimento e situação atual de maneira clara e direta, permitindo também a realização de análises de dimensões, inclinações e situação no escritório.

5.2. LEVANTAMENTO CONSTRUTIVO

Finalidade: Judicial

Objetivo: Análise dos serviços executados em licitação.

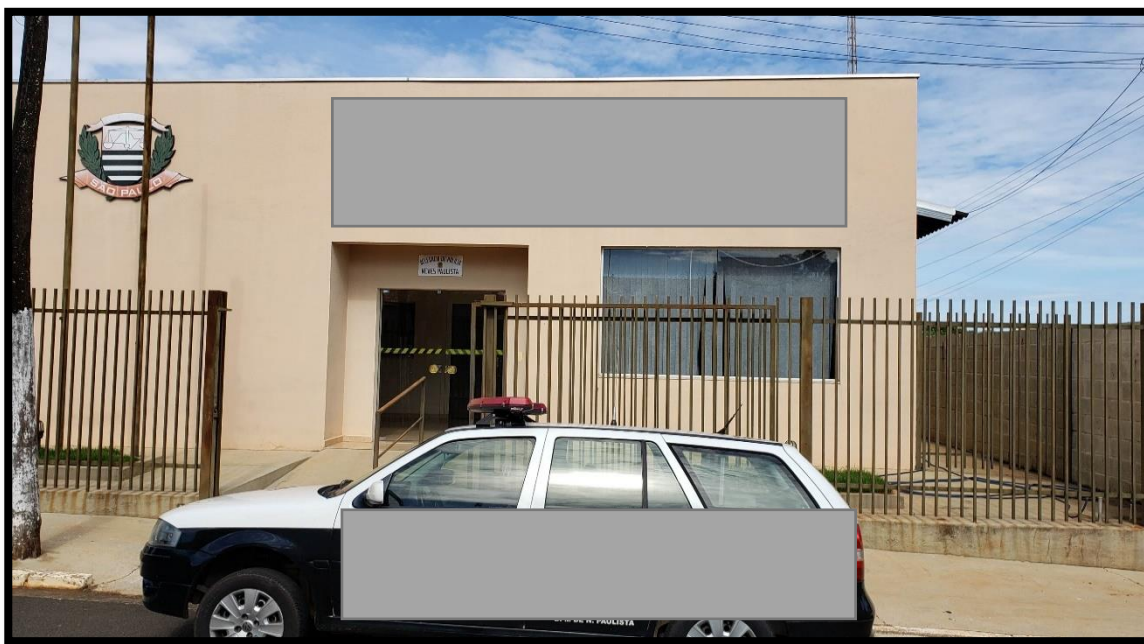


Figura 16 - Fachada do Imóvel. Fonte: Autor.

Descrição da Situação: Perícia Judicial com a finalidade de análise dos serviços executados em licitação. Como a obra já estava concluída, a vistoria realizada buscava indícios de apuração dos serviços realizados. Com isso foi realizado levantamento aéreo com Drone em busca de análise de modelo 3d e 2d em escritório para verificação junto as planilhas.

Imagens obtidas com Drone:



Figura 17 - Vista Aérea. Fonte: Autor - Drone Phantom 4

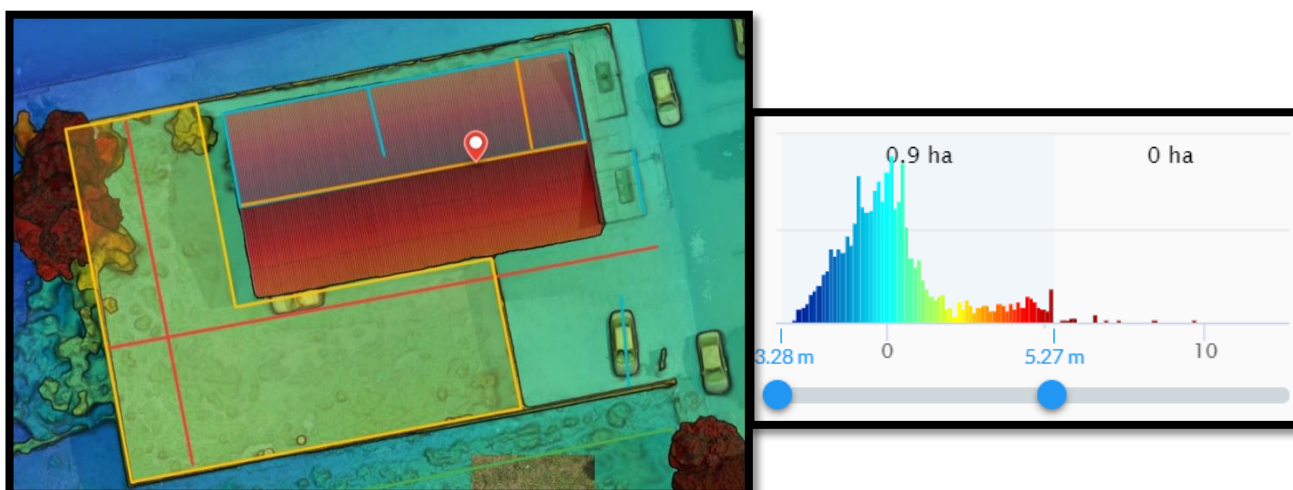


Figura 18 - Levantamento de Elevação. Fonte: Autor - Dronedeploy



Figura 20 - Modelo 3D - Obtido pela renderização das imagens. Fonte: Autor - DroneDeploy



Figura 19 - Análise de Modelo 3D sem Impermeabilização. Fonte: Autor - DroneDeploy



Distance ↘

Label	Title	Horizontal Length	Surface Length	Slope
2 ●	Comprimento Telhado	25.02 m	25.1 m	0.21°, 0.36%
3 ●	Largura - Área Externa	25.05 m	25.32 m	0.88°, 1.54%
4 ●	Largura Telhado	6.43 m	6.69 m	14.64°, 26.13%
5 ●	Linha Terreno	40.61 m	41.72 m	1.36°, 2.38%
6 ●	Profundidade	39.99 m	43.53 m	-3.17°, 5.54%
7 ●	Entrada Portão	3.51 m	6.22 m	0.85°, 1.48%

Area ↗

Label	Title	Area	Surface Area
8 ●	Área - Meio Telhado	170 m²	172 m²
9 ●	Área externa	454 m²	- ha

Figura 21 - Relatório DroneDeploy. Áreas e Distâncias. Fonte: Autor - Dronedeploy.

Conclusões obtidas com utilização do Drone:

A utilização do Drone foi fundamental para realização do trabalho, permitindo comparação das medidas e áreas com a situação em orçamento de licitação. Além disso, foi possível constatar falta de impermeabilização na lateral do imóvel.

5.3. MEDIÇÕES EM AVALIAÇÕES

Finalidade: Judicial.

Objetivo: Medição de área já demolida para avaliação de penhora judicial.



Figura 22 - Vista do Imóvel. Fonte: Autor.

Descrição da Situação: Avaliação para fins de penhora judicial onde por quesito do juízo foi questionado as dimensões das áreas demolidas. O terreno é de grandes dimensões e com isso foi adotado o uso do drone para medição das áreas demolidas.

Imagens obtidas com Drone:



Figura 23 - Vista Aérea. Fonte: Drone Phantom 4

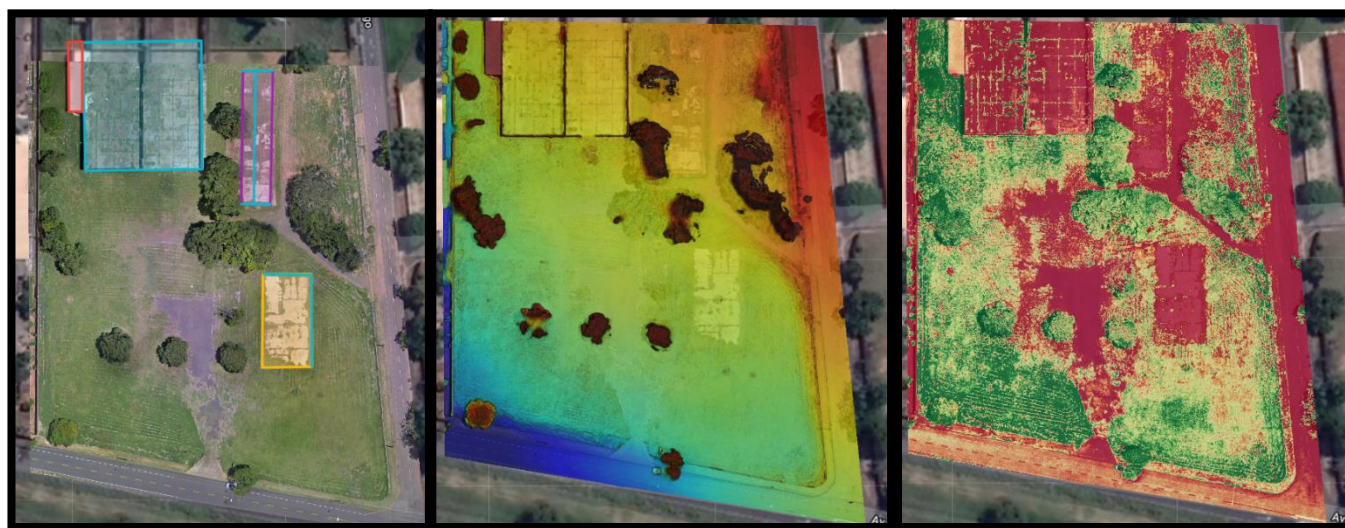


Figura 25 – Mapa Aéreo, Levantamento e Vegetação 2D. Fonte: Autor - DroneDeploy.



Area 		
Label	Title	Area
1 	Área 1	500 m2
2 	Área 2	500 m2
3 	Área 3	1600 m2
4 	Área 4	100 m2

Figura 245 - Relatório de Áreas. Fonte: Autor - DroneDeploy.

Conclusões obtidas com utilização do Drone:

Foi possível realizar a medição das áreas com precisão para realização do levantamento e quantificação dos custos pelo método evolutivo. Garantindo tempo e desempenho no trabalho.

5.4. AVALIAÇÃO COM PATOLOGIAS

Finalidade: Judicial

Objetivo: Avaliação Imobiliária para Penhora



Figura 26 - Fachada do Avaliando. Fonte: Autor

Descrição da Situação: Avaliação judicial com finalidade de penhora. Imóvel de alto padrão com patologias graves constatadas com vistoria em solo. Em busca de melhor entendimento da situação foi realizado levantamento aéreo com utilização do drone.

Situação encontrada:



Figura 27 - Situação encontrada. Fonte: Autor.

Imagens obtidas com Drone:.

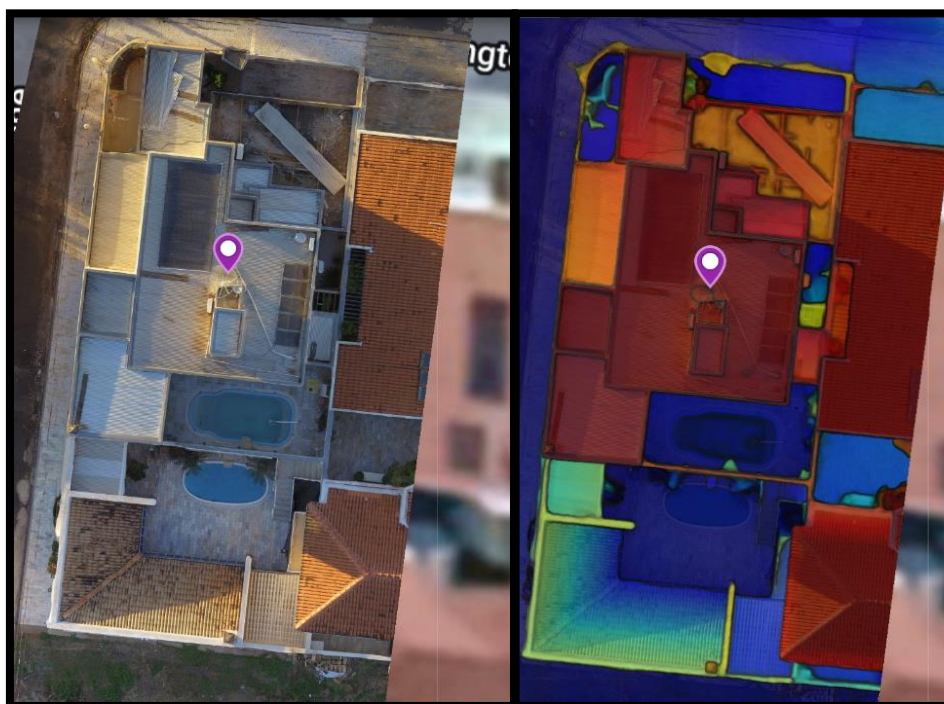


Figura 28 - Mapa 2D e de Elevação. Fonte: Autor – DroneDeploy.



Figura 29 - Vista Aérea. Fonte: Autor - Drone Phantom 4.

Conclusões obtidas com utilização do Drone:

Além de pequenos vazamentos em diversos pontos, o imóvel em questão possuía área com ausência de telhamento e cobertura. Dessa forma as chuvas resultavam no acúmulo de água diretamente sobre a laje resultando em umidade, acúmulo de matéria-orgânica e prejudicando severamente a estrutura do imóvel.

6. CONCLUSÃO

O uso de softwares de processamento de imagens obtidas pelos drones aplicado aos trabalhos da Engenharia Legal e Perícias se mostra como uma superferramenta elaborando mosaicos e mapas que permitem a realização de medições, análises de estruturas externas, análise de topográfica, análise de vegetação e geração de modelos 3d.

Entre os pontos negativos na utilização dos drones, temos:

- Pagamento dos softwares auxiliares de forma recorrente para obtenção dos dados em nuvem e renderização;
- Os softwares que permitem renderização das imagens no próprio computador possuem custo elevado e necessitam de computadores com alta potência gráfica;
- Utilização apenas para áreas externas, não devendo ser utilizados em áreas internas para as constatações;

Entre os principais benefícios, temos:

- Facilidade de utilização e pilotagem;
- Elaboração de Imagens, modelos e diversos mapas, via softwares com alta precisão;
- Redução no tempo da realização das vistorias com melhoria no desempenho e coleta de informações;
- Imagens de altíssima qualidade permitindo aproximação das mesmas, mesmo nos casos sem utilização de softwares de renderização;
- Redução dos custos nos casos onde seriam necessários levantamentos topográficos de terceiros para averiguação e análises;
- Redução dos riscos, visto que, é possível ir até locais de grande altitude ou difícil acesso, sem o deslocamento humano;
- Melhoria na qualidade dos Laudos;

Recomenda-se a análise dos modelos de drones presentes no mercado, bem como o conjunto de equipamentos dos mesmos, para tanto, é sugerido analisar os modelos de drones compatíveis com o software que será utilizado.

7. BIBLIOGRAFIA

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14.653-1/2019, NBR 13.752/1996;
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. REQUISITOS GERAIS PARA VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS E AEROMODELOS. DISPONÍVEL EM: <HTTP://WWW2.ANAC.GOV.BR/TRANSPARENCIA/AUDIENCIA/2015/AUD13/ANEXO1.PDF>;
- BRITO, J. L. N. e S.; COELHO FILHO, L. C. T. Fotogrametria Digital, Ed. EDUERJ, 2007.
- BURIN Eduardo M., DANIEL, FIGUEIREDO, MOURÃO E SANTOS, Vistorias Na Construção Civil – Conceitos e Métodos, Ed. Pini, 2009;
- GALO, M. Estrutura dos Dados de Entrada/Saída do Aplicativo para a Calibração de Câmaras (CC). 2004.
- GOMIDE Tito L. F., NETO e GULLO, Normas Técnicas para Engenharia Diagnóstica em Edificações, Ed. Pini, 2013;
- MARQUES Jose, Perícias em Edificações – Teoria e Prática, Ed. Leud, 2015;
- MOREIRA Alberto L., Princípios de Engenharia de Avaliações, Ed. Pini, 1994;
- PERIN, G.; GERKE, T.; LACERDA, V. S.; DA ROSA, J. Z.; CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. Análise de Acurácia de Georreferenciamento de Mosaicos de Imagens Obtidas por RPA. Anais do EATI, v. 193, p. 193-199, nov. 2016. Anais do encontro anual de tecnologia da informação e VII simpósio de tecnologia da informação da região noroeste do RS
- REISS, M. L. L. Fotogrametria I. 2009. Notas de Aula