

Análise comparativa entre métodos de levantamento planialtimétrico para elaboração do plano diretor da comissão regional de obras em Belém - PA

RESUMO

No levantamento topográfico planialtimétrico, os meios mais difundidos de aquisição de dados são através da Estação Total e do posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*). Com a evolução tecnológica ocorrida na área de aquisição de dados planialtimétricos surge o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), sobretudo pela redução do custo de equipamentos e a rapidez na obtenção dos dados, diante da topografia. Deste modo, o presente trabalho busca comparar os dados de levantamento planialtimétrico, cálculo de área, perímetro e vetorização das edificações geradas por dois métodos de aquisição de dados (topografia e aerofotogrametria por meio de VANT), utilizando as instalações da Comissão Regional de Obras do Exército Brasileiro localizado em Belém-PA. Cabe ressaltar, que os métodos utilizados alcançaram as precisões preconizadas, quais sejam, poligonal Classe II PAC (NBR 13133/1994) para a utilização da Estação Total e PEC (Precisão de Exatidão Cartográfica) classe A no caso da utilização do VANT. Os resultados apresentados na aquisição de dados utilizados na forma comparativa, evidencia que não existe uma técnica perfeita. Assim, pode-se utilizar um ou outro método para situações diferentes e apresentar as vantagens e desvantagens associadas em cada método para elaboração do plano diretor e mapeamento da área em questão.

PALAVRAS-CHAVE: VANT. Topografia. Precisão. Custo x Benefício.

Gerson Oliveira Lima

gersonolim@gmail.com

orcid.org/0000-0003-1919-4194

Exército Brasileiro (Comissão Regional de Obras da 8ª região Militar), Belém, Pará, Brasil.

Mayara Cobacho Ortega Caldeira

mayara.caldeira@ufra.edu.br

orcid.org/0000-0002-2427-9363

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil.

Carlos Rodrigo Tanajura Caldeira

carlos.caldeira@ufra.edu.br

orcid.org/0000-0001-7102-7735

Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, Pará, Brasil.

INTRODUÇÃO

O levantamento topográfico se faz necessário para a elaboração de projetos em qualquer construção de obra civil ou militar (também conhecidas como obras de fortificações). Deve-se estudar a conformação dos terrenos em plantas topográficas levando em consideração não só as características planimétricas, mas também as altimétricas, ambas explicitadas pela planta de levantamento topográfico planialtimétrico (SANTOS et al., 2014).

De acordo com a NBR 13.133 (ABNT, 1994), o levantamento topográfico pode ser definido como, um conjunto de técnicas e/ou processos que utilizam ângulos e distâncias medidos com equipamentos adequados à exatidão pretendida, para determinar as coordenadas topográficas dos pontos materializados no terreno. Estes pontos, segundo Silva e Segantine (2015) visam a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível.

De acordo com Ghilani e Wolf (2013) a partir de um levantamento topográfico, são realizadas determinações de locais com recursos naturais e antrópicos na superfície da Terra, definindo o relevo dessa superfície, onde uma vez localizados, esses recursos podem ser representados nos mapas. Os levantamentos topográficos com finalidade cadastral buscam representar com maior precisão possível a porção da terra urbana ou rural, ou seja, é possível fazer o cadastro de cercas, edificações, muros, rios, lagos, vegetação, estradas, postes, pontes, canais, etc, de acordo com a necessidade do interessado (FORTUNATO, NETTO; BARBALHO, 2019).

No âmbito do Ministério da Defesa, no Exército Brasileiro, as Organizações Militares (OM) foram edificadas conforme o plano diretor de construção, que consiste *“na definição em planta cadastral de como as instalações devem ser construídas”* (DOM, 2019). Todas as organizações militares do Exército têm seus planos diretores realizados pela Diretoria de Obras Militares (DOM), seguindo normas específicas e padrões militares para a espacialização das edificações e arruamentos. Posteriormente, após a construção do aquartelamento é realizado um levantamento planialtimétrico, gerando uma planta cadastral que ratifica ou retifica como a OM foi realmente construída.

Atualmente, as OM apresentam uma série de modificações na sua concepção original ou através de criação de novas unidades militares, o que originou a necessidade de realizar o levantamento planialtimétrico cadastral para fins de atualização dos planos diretores existentes, bem como, a realização de novos. Ressalta-se a importância do levantamento planialtimétrico pelo fato de ser condição *sine qua non* (sem o qual não), ou seja, este é a referência para a realização de ampliação, adequação, demolição e aperfeiçoamento das edificações e infraestrutura existente na organização militar, seguindo os preceitos da Engenharia de Fortificações e Construção, conforme apresentado por Vieira (2013).

O Exército brasileiro amparado no desenvolvimento tecnológico, tem produzido ferramentas de gestão com forte amparo na tecnologia da informação. Diante dessa premissa, foi desenvolvido em âmbito militar o OPUS (Sistema

Unificado de Controle de Obras) que consiste em uma plataforma que visa agregar todas as informações referentes à execução de obras de engenharia civil nas instalações militares (OPUS, 2019). Este sistema visa suportar as funcionalidades de planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização, controle, gerência e execução de obras e serviços de engenharia de todas as atividades dos macroprocessos finalísticos do Sistema de Obras Militares (SOM), tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico (DOM, 2019).

Importante salientar que para o perfeito funcionamento da ferramenta de gestão é primordial que o banco de dados esteja atualizado no sentido de viabilizar o acompanhamento *pari passu* (simultâneo) de todo processo que cerca a execução de uma obra no âmbito do Exército, quais sejam: a concepção do projeto, a limites orçamentários, a execução do projeto, a entrega e recebimento da obra solicitada pela organização militar.

Nesse processo, a atualização do Plano Diretor da Comissão Regional de Obras, através do seu levantamento planialtimétrico, torna-se o passo inicial e primordial na sequência das próximas etapas do OPUS. Nesse sentido, a definição de Plano Diretor da Organização Militar (PDOM) é clara:

É o documento que contém a descrição, a planta de situação, a indicação do estágio de construção, a relação das obras a realizar, as prioridades, os custos, tudo referente a um conjunto – aquartelamento, vila residencial ou outra qualquer edificação (DOM, 2019).

A inserção e posteriores atualizações da planta de situação do PDOM no OPUS possibilitam o acompanhamento e o gerenciamento das obras realizadas na OM por parte do agente gestor dos recursos. A caracterização do terreno, das edificações e da infraestrutura que compõem a OM, o corpo técnico desenvolverá a concepção do projeto e definirá o orçamento necessário para execução.

Recentemente, com a disponibilidade de equipamentos de medição topográfica, tais como, estação totais e receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*), conduzem as organizações militares para a execução de levantamento topográfico, com obtenção das coordenadas posicionais das edificações e do terreno através de medição ponto a ponto de todos os elementos que caracterizam o espaço ocupado (TULER; SARAIVA, 2015, 2016)

No entanto, nos últimos anos a evolução dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) demonstra a possibilidade de realizar o levantamento planialtimétrico utilizando a fotogrametria digital para obtenção do modelo digital do terreno que definirá a altimetria e métodos de restituição fotogramétrica para a vetorização dos elementos planimétricos (ASSIS, 2011).

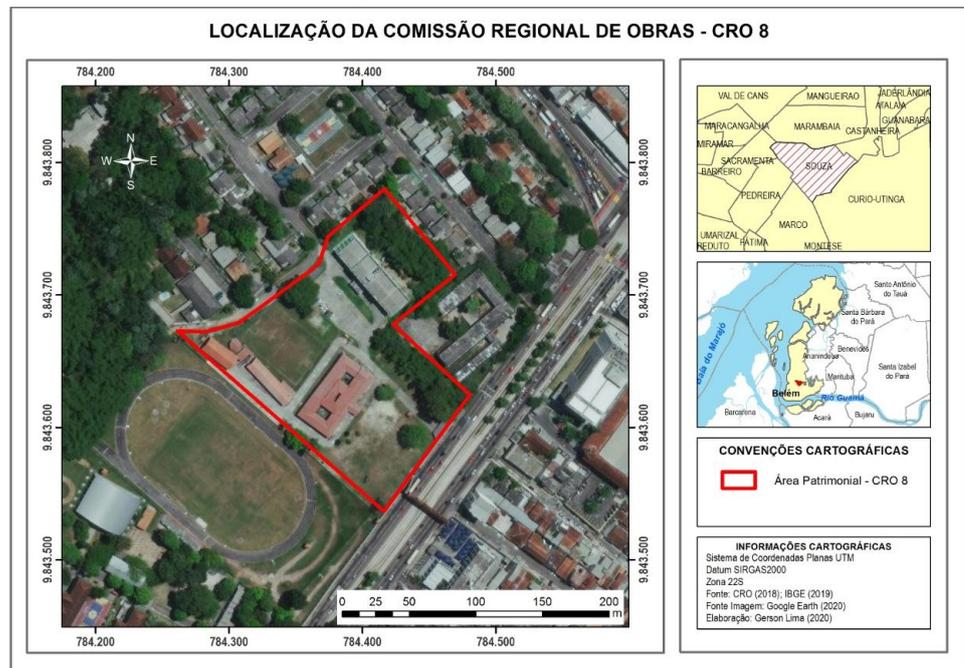
Deste modo, o presente trabalho busca comparar os dados de levantamento planialtimétrico, o cálculo de área, o perímetro e a vetorização das edificações geradas por dois métodos de aquisição de dados (topografia e aerofotogrametria por meio de VANT), utilizando as instalações da Comissão Regional de Obras do Exército Brasileiro localizado em Belém-PA apresentando para cada método de aquisição de dados os resultados e indicando comparativamente quais as vantagens e desvantagens associada em cada método para elaboração do plano diretor e mapeamento da área em questão.

ÁREA DE ESTUDO

Para o estudo, foi considerada a área da Comissão Regional de Obras da 8ª região Militar (CRO 8), organização militar responsável pelo planejamento, execução e fiscalização dos projetos de engenharia aplicados no âmbito da 8ª Região Militar que abrange os estados do Pará, Maranhão e Amapá (CRO, 2019). Sediada no perímetro urbano da cidade de Belém-PA, cito a Avenida Almirante Barroso, nº 1467, bairro do Souza (Figura 1).

Situada na região metropolitana de Belém, a área de estudo apresenta média taxa de ocupação populacional no seu entorno, ocorrendo no setor norte e leste resquício de vegetação secundária de porte elevado, nos demais setores apresenta edificações e áreas abertas com a presença de algumas árvores isoladas (LIMA, 2018). Tais características viabilizaram os estudos dos levantamentos que serão discutidos e apresentados nos próximos capítulos.

Figura 1 – Área de Interesse



Fonte: Autoria Própria (2020).

MATERIAS E MÉTODOS

O presente Trabalho visa comparar a utilização de métodos de levantamentos planialtimétricos diferentes (topográfico e aerofotogramétrico) para a obtenção de um mesmo produto, a planta planialtimétrica na escala 1:1.000 da Comissão Regional de Obras.

Deste modo, adotou-se como forma de execução desse estudo, a realização dos dois levantamentos que serão descritos nos próximos tópicos.

LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO

A metodologia adotada no levantamento topográfico foi a execução de uma poligonal de apoio fechada (SILVA; SEGANTINE, 2015). A partir desta, foram irradiados pontos que determinaram o cadastro da parcela e suas interferências.

Como referências planimétricas e altimétricas, foram implantados pontos de apoio com coordenadas referenciadas ao SGB (Sistema Geodésico Brasileiro), tendo como *Datum* horizontal oficial o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000) e com *Datum* vertical o marégrafo de Ibituba-SC, e sistema de projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*) fuso 22 S, conforme recomendações do IBGE (2017). Esse apoio foi materializado através de marcos de concreto (Figura 2) denominados MC01 e MC02, dispostos na área de estudo, contemplando a intervisibilidade entre os mesmos, condição necessária para dar início a poligonal de apoio.

Figura 2 – Localização do marco MC01



Fonte: Autoria própria (2020).

No dado procedimento, foi utilizado um par de receptores GNSS, SP60 da *Spectra Precision*, de dupla frequência, multiconstelação (GPS, GLONASS, GALILEO, BEIDOU e Sistemas de Aumento), com precisão horizontal de 3 mm + 0,5 ppm e vertical de 5 mm + 0,5 ppm (SPECTRA, 2020) e acessórios para possibilitar o seu uso. Os pontos foram obtidos a partir do método de posicionamento relativo estático (MONICO, 2008; IBGE, 2008; 2017), utilizando como base as estações da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS) localizadas no município de Belém, BELE (localizada no SIPAM - Sistema de Proteção da Amazônia) e BEPA (localizada no INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), tendo como linha de base aproximada de 2,1km e 5,4km, respectivamente.

O tempo de coleta foi de aproximadamente 40 minutos e adotou-se a máscara de elevação de 10° (graus) e intervalo de gravação de 15 segundos, conforme a recomendação do IBGE (IBGE, 2008; 2017). Vale ressaltar, que o método e as configurações pré-estabelecidas facilitam a solução da ambiguidade, reduz os erros pertinentes ao multicaminho, elimina o efeito de primeira ordem da ionosfera e minimiza o erro da refração troposférica (MONICO, 2008; MARQUES et al., 2009).

Os dados coletados foram processados no *software Spectra Precision Survey Office*, em relação aos arquivos RINEX das estações BELE e BEPA. Para o aumento da precisão foram usados os arquivos de efemérides precisas finais, fornecidas pelo IGS (*International GNSS Service*), dos dias de seus respectivos levantamentos. Os resultados obtidos pelo processamento GNSS estão representados na Tabela 1. Vale ressaltar, que as coordenadas obtidas no processamento GNSS foram utilizadas como referência de partida na poligonal topográfica.

Tabela 1 – Coordenadas Planas UTM Ajustadas dos Pontos de Partida MC01 e MC02

Ponto	E(m)	σ_E (m)	N(m)	σ_N (m)	h(m)	σ_h (m)
MC01	784.399,484	0,001	9.843.698,922	0,001	-8,713	0,006
MC02	784.421,980	0,001	9.843.686,145	0,001	-8,792	0,002

Fonte: Autoria própria (2020).

Com a determinação das coordenadas de cada ponto, efetuaram-se as transformações das altitudes geométricas (h) em altitudes ortométricas (H), através do aplicativo MAPGEO2015 desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o qual fornece a ondulação geoidal (N) (MARQUES et al., 2018). A média da ondulação geoidal para a área em questão foi igual a 25,502 m. Assim, com base na relação dada Equação 1, bem como o cálculo da precisão de H (Equação 2), foi possível determinar H de cada ponto e seus respectivos desvios-padrões (σ_H).

$$H = h - N \quad (1)$$

$$\sigma_H = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_{H_{RN}}^2} \quad (2)$$

Onde:

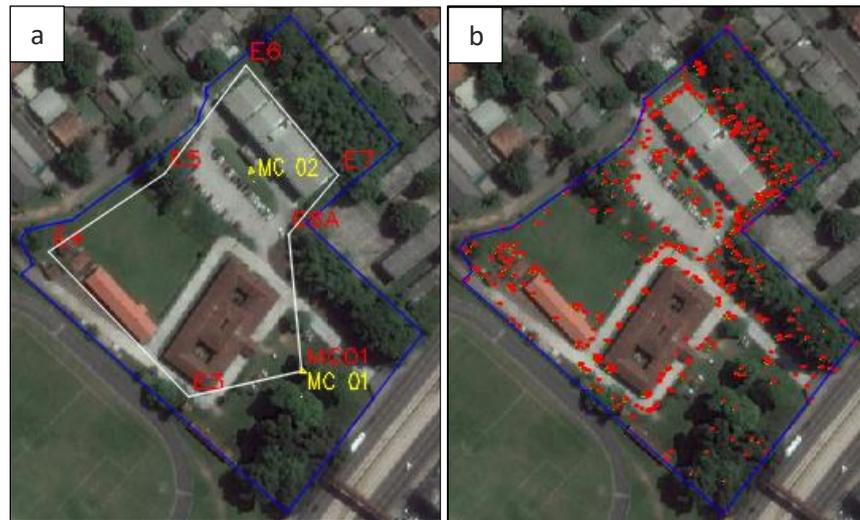
σ_h : Desvio-padrão das altitudes geométricas (h), obtidas no processamento de dados GNSS;

$\sigma_{H_{RN}}$: Valor do desvio-padrão das altitudes ortométricas (H) das Referências de Nível (RRNN) próximas a região, obtidas por meio de descritivos oficiais do IBGE e interpolado para o ponto de interesse. Vale ressaltar que a precisão das RRNN da região é de aproximadamente 10 cm;

Em posse destas coordenadas e feito o reconhecimento de campo, iniciou-se a determinação das estações da poligonal (E3, E4, E5, E6, E7, E8A – representado em branco na Figura 3a) utilizando a estação total da marca Leica, modelo TCR-407Ultra, com precisão angular de 07" e linear de 2 mm + 2 ppm. As estações foram materializadas através de piquetes fixados no solo e dispostas no terreno de forma a recobrir toda a área de estudo, conforme Figura 3a.

Além disso, foram realizados os levantamentos de detalhes como sugerido por Silva e Segantine (2015), ou seja, realizou-se medições utilizando bastão/prisma nos alvos de interesse para o PDOM (edificações, arruamento, campo de futebol, muro, cerca, caixa de energia, poste, meio-fio, boca de lobo e caixas de passagem) e também com medições sem o bastão/prisma, principalmente na determinação de árvores. Foram coletados aproximadamente 516 pontos irradiados (Figura 3b) de interesse planimétrico, altimétrico, pontos de interesse e pontos definidores do limite da área de estudo (representado pelo polígono azul da Figura 3).

Figura 3 – Localização dos marcos bases e estações da poligonal (a) e Pontos Irrradiados (b)

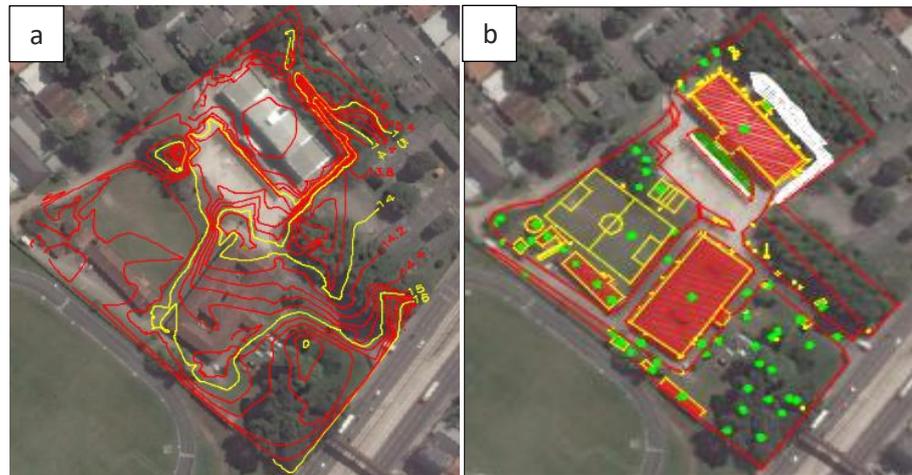


Fonte: Autoria própria (2020).

Realizado o levantamento da poligonal fechada, o processamento de dados foi feito no *software Topograph 4.10*. Após descarregar os dados, foi gerada a caderneta de campo da poligonal e processada esta caderneta para controle e ajuste das coordenadas dos pontos da poligonal. A mesma apresentou erro angular de $04' 48''$, linear de 0,074m (1:6258) e altimétrico de 0,017 m, compatível com a tolerância apresentada na norma NBR 13.133 (ABNT, 1994) para levantamentos topográficos, utilizando a classe II PA e poligonal planimétrica da classe IV P.

Com a aquisição e processamento dos pontos coletados, foi gerado memoriais descritivos disponíveis somente para a OM, e posteriormente foi possível a conversão dos arquivos para a análise do levantamento utilizando o *software AutoCAD 3D Civil* (Autodesk). Através deste, foi efetuada a elaboração das cartas do levantamento planimétrico, onde os dados resultantes, foram sobrepostos com o *software Google Earth*, para visualização dos mesmos (Figura 4a) e de Plano Diretor da Organização Militar (PDOM). A geração da superfície topográfica, foi feita a partir da extração de curvas de nível (Figura 4b) por meio de interpolação dos triângulos de *Delaunay* (BRITO; COELHO FILHO, 2007) utilizando os pontos irradiados cotados por nivelamento trigonométrico (SILVA; SEGANTINE, 2015).

Figura 4 – Visualização dos dados resultantes da Planta planimétrica (a) e Visualização das curvas de nível sobrepostas a imagem fornecida pelo Google Earth Pro (b)



Fonte: Autoria própria (2020).

LEVANTAMENTO FOTOGRAMÉTRICO COM VANT

Foram planejados um total de 10 pontos de apoio (MC 01, MC 04, MC 05, PT 07, PT 08, PT 09, PT 10, PT 11, PT 12 e PT13), bem como 03 pontos de verificação (MC 02, MC 03 e MC 06) pré-sinalizados com alvos ou elementos fotoidentificáveis, tais como faixas sinalizadoras de trânsito, limite de quadras poliesportivas e campo de futebol, quina de muro e calçadas, entre outros. A identificação destes elementos e alvos nas fotografias é facilitada, visto que a diferença pictorial, textura e principalmente contrastes entre as superfícies adjacentes possibilitam a obtenção da posição (LIMA; THOMAZ e SEVERO, 2010; RAMOS et al., 2017). A distribuição espacial destes pontos, foi conforme a recomendação de Lopes, Melanda e Stanganini (2018) e Farias, Merêncio e Vieira (2018), de tal modo que recobrisse toda a área de estudo de maneira uniforme em todo bloco fotogramétrico (Figura 5).

Vale ressaltar que os marcos MC 01 e MC 02, já haviam sido implantados anteriormente, para apoiar o método de levantamento planimétrico topográfico da poligonal fechada.

Figura 5 – Distribuição dos pontos de apoio



Fonte: Autoria própria (2020).

A determinação dos pontos de apoio foi realizada através do método de posicionamento relativo estático, empregando o mesmo receptor, configurações e software de processamento descrito anteriormente. Os resultados obtidos pelo processamento GNSS estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas dos pontos de apoio e verificação para a Fototriangulação

Ponto	E(m)	σ_E (m)	N(m)	σ_N (m)	H(m)	σ_H (m)
MC 01	784.399,484	0,001	9.843.698,922	0,001	16,789	0,100
MC 02	784.421,980	0,001	9.843.686,145	0,001	16,710	0,100
MC 03	784.375,783	0,001	9.843.737,471	0,000	16,791	0,100
MC 04	784.301,129	0,000	9.843.674,326	0,000	16,727	0,100
MC 05	784.427,176	0,001	9.843.567,851	0,001	16,563	0,100
MC 06	784.316,333	0,001	9.843.686,806	0,001	16,547	0,100
PT 07	784.333,818	0,001	9.843.610,084	0,001	16,189	0,100
PT 08	784.427,362	0,001	9.843.625,602	0,001	15,220	0,100
PT 09	784.372,854	0,001	9.843.668,323	0,001	15,811	0,100
PT 10	784.338,620	0,001	9.843.694,233	0,001	15,893	0,100
PT 11	784.394,131	0,001	9.843.752,850	0,001	15,906	0,100
PT 12	784.439,804	0,002	9.843.704,896	0,001	16,246	0,100
PT 13	784.448,828	0,001	9.843.674,365	0,001	13,897	0,100

Fonte: Autoria própria (2020).

Utilizando o software Drone Deploy foram definidos 1,5 cm de GSD (*Ground Sample Distance*), altura do voo de 50 m, direção leste/oeste, para um bloco de 10 faixas, com 75% e 60% de percentuais de recobrimento longitudinal e transversal, respectivamente.

Para a coleta de imagens foi utilizado o VANT quadricóptero *Phantom 4 Pro*. O equipamento entende-se como uma plataforma aérea, acoplado de diversos

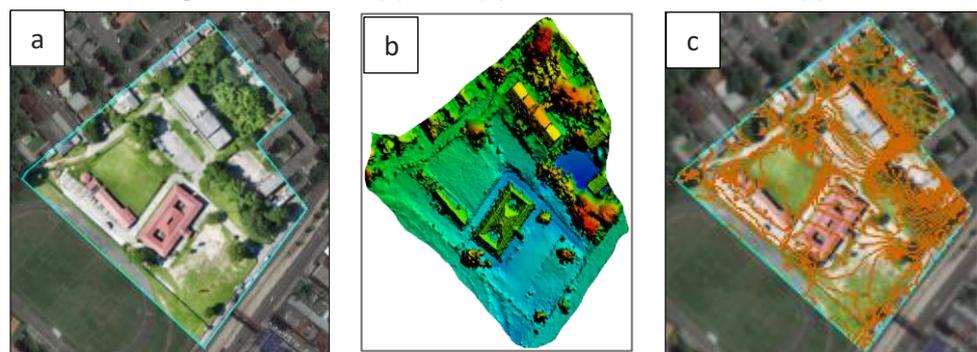
sensores, como: Sensor ótico que proporcionam a obtenção de imagens fotogramétricas; Sensores que melhoram a estabilidade da plataforma; como também a telemetria de dados, sendo possível o acompanhamento das missões em tempo real. O sensor ótico do VANT, segundo a própria fabricante, possui 20 megapixels, proporciona 11,6 pontos de alcance dinâmico, mantendo uma grande precisão, mesmo em situações ruins de iluminação. Além disso, o VANT também possui um *Gimbal* com 3 eixos, possibilitando a minimização de vibrações e movimentos bruscos durante o voo, auxiliando a câmera na captura de imagens mais estáveis (DJI, 2020). Escolheu-se esta plataforma pois possui um preço acessível no mercado e atende aos requisitos do levantamento.

O voo teve duração 8 minutos aproximadamente, fotografando a área de interesse (num total de 103 fotografias) e empregando somente uma bateria, já que segundo a própria fabricante, sua autonomia máxima de voo é de 30 minutos.

As imagens geradas pelo voo aerofotogramétrico, conjuntamente com os pontos de apoio levantados, foram inseridas no *software Agisoft Photoscan* e passou a realizar os processamentos através de uma *workflow* (fluxo de trabalho): adiciona e alinha as imagens; gera os *Tie points* (são pontos identificados claramente em duas ou mais imagens que não possui coordenada tridimensional conhecida (BRITO; COELHO FILHO, 2007); classifica os pontos do terreno (*ground control points*); gera e suaviza a malha do terreno TIN (Rede de Triângulos Irregulares), obtido por triangulação de Delaunay (BRITO; COELHO FILHO, 2007); gera o MDT (Modelo Digital do Terreno – GHILANI; WOLF, 2013) e MDS (Modelo Digital da Superfície); gera ortofoto e ortomosaico (BRITO; COELHO FILHO, 2007).

A Figura 6, apresenta a Ortofoto (Figura 6a), MDS (Figura 6b) e as Curvas de nível (Figura 6c) geradas. Vale ressaltar que a geração da Planta planialtimétrica resulta da vetorização das feições planimétricas identificadas na ortofoto, neste caso com acurácia posicional de 0,11 mm.

Figura 6 – Ortofoto (a), MDS (b) e Curvas de Nível do MDT (c)



Fonte: Autoria própria (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentadas as comparações referentes a Custos operacionais dos levantamentos; Tempo para execução de cada método; Condições de viabilidade operacional e Precisão alcançada nos métodos.

CUSTO OPERACIONAL DOS LEVANTAMENTOS

Desconsiderando o equipamento de posicionamento *GNSS* e *Software AutoCAD 3D Civil*, comum aos dois métodos, foi feita inicialmente, uma verificação junto aos fornecedores de equipamentos de topografia e de aerolevamento, quanto aos custos de obtenção dos equipamentos apropriados e *software* que viabilizassem os respectivos levantamentos. Na verificação de preços de equipamentos e *softwares*, foram utilizados os demonstrados no Quadro 1, os quais foram os utilizados nos respectivos levantamentos. A Tabela 3 evidencia os custos envolvidos nos levantamentos.

Quadro 1 – Marca e modelo de Equipamentos e *Software*

Tipo de levantamento	Levantamento Topográfico	Levantamento Aerofotogramétrico
Equipamento modelo/marca	Estação total TC 407ultra / LEICA	VANT Phantom 4 PRO / DJI
Software /fornecedor	TopoGRAPH 4.10 / BENTLEY	PhotoScan Professional Edition / AGISOFT

Fonte: Autoria própria (2020).

Tabela 3 – Valores de aquisição de equipamentos e *software*

Tipo de levantamento	Levantamento Topográfico	Levantamento Aerofotogramétrico
Equipamento	≈ 25.000,00	≈ 8.000,00
Software	≈ 3.500,00	≈ 11.725,00
Valor Total	≈ 28.500,00	≈ 19.725,00

Fonte: Autoria própria (2020).

Em termos de valores, cabe salientar que o mercado é bastante dinâmico e que novos modelos de Estação Total e VANT são lançados com as mais variadas especificações técnicas, contemplando tanto o quesito produtividade, quanto qualidade.

Uma outra solução para minimizar os custos do projeto, seria com a locação de equipamentos, por exemplo, na região metropolitana de Belém os receptores *GNSS* e as Estações Totais, apresentam um valor médio de R\$ 80 e R\$ 300 por dia, respectivamente, o que torna uma alternativa rentável para pequenas áreas devido alta produtividade. No entanto, a região ainda carece de locação de VANTs e *softwares* fotogramétricos e topográficos.

Portanto, esses valores podem ser bastante alterados dependendo da relação de custo-benefício que se quer alcançar podendo beneficiar uma ou outra técnica. Além disso, não é de interesse e objetivo do trabalho divulgar ou realizar *marketing* de um determinado fabricante, marca ou produto.

TEMPO PARA EXECUÇÃO DE CADA MÉTODO

O tempo dispendido em cada método não levou em consideração as condições meteorológicas (mau tempo/chuva), que influenciam ambos os métodos. Na

Tabela 4, evidencia-se o tempo médio gasto nas atividades que envolvem os métodos.

Tabela 4 – Tempo médio gasto nas atividades

Tipo de levantamento	Levantamento Topográfico	Levantamento Aerofotogramétrico
Atividade de Campo (dias/horas)	≈ 16 horas (2 dias)	≈ 4 horas
Processamento de dados (horas)	≈ 1 hora	≈ 5 horas
Edição e geração dos produtos (horas)	≈ 3 horas	≈ 2 horas
Tempo Total (dias/horas)	≈ 20 horas	≈ 11 horas

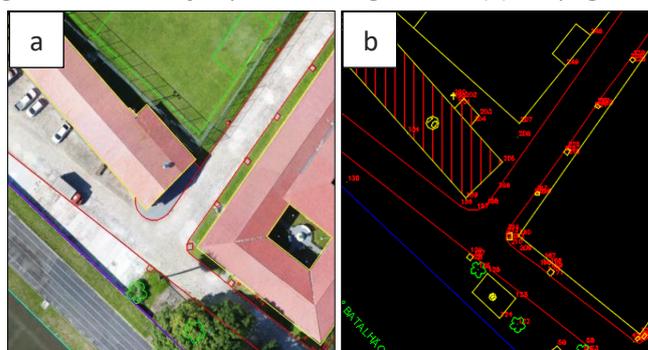
Fonte: Autoria própria (2020).

Oriundo da análise dos dados (Tabela 4) cabe esclarecer que, no levantamento topográfico, o tempo de atividade de campo pode sofrer alteração significativa caso a equipe de campo não tenha experiência em levantamento, o mesmo fator não se aplica ao levantamento aerofotogramétrico, que apresenta procedimentos de campo mais simples e que necessitam, a rigor, de apenas um técnico. Vale mencionar, que a maior parte do tempo computado para este método está associado na aquisição dos pontos de apoio (03h40), sendo que esta parte está inclusa na Tabela 4, na etapa de Atividade de campo, enquanto que, no voo aerofotogramétrico é bem menor (00h20).

Constatou-se ainda que, o tempo de processamento é diretamente proporcional a capacidade operacional do computador utilizado e a quantidade de dados. Nesse aspecto, o levantamento aerofotogramétrico apresenta a possibilidade de melhoria de desempenho relacionada a aquisição do hardware com maior capacidade de processamento, pois o mesmo tem um alto tempo de processamento, principalmente se comparado ao levantamento topográfico. Cabe ressaltar que descarregar os dados, gerar as cadernetas e determinar as coordenadas dos pontos de interesse são processos totalmente automatizados no software utilizado, apresentando maior celeridade.

Quanto a edição para geração dos produtos, a diferença apresentada entre os métodos foi devido ao fato de que na aerofotogrametria, o desenho das feições (vetorização) é feito diretamente na ortofoto (Figura 7a). No que concerne ao levantamento topográfico o desenho (Figura 7b) é feito utilizando os pontos irradiados e com base no croqui de apoio, representando um acréscimo temporal na edição da planta planialtimétrica.

Figura 7 – Vetorização por aerofotogrametria (a) e topografia (b)



Fonte: Autoria própria (2020).

Vale ressaltar que para um levantamento de detalhes, em grande escala, a fotogrametria se limita ao que se é fotointerpretabil, ou seja, ao que pode ser identificado atraves da imagem. Quando se trata de escalas grandes, pequenas variações são de suma importância, assim como, extrair as áreas construídas considerando apenas o telhado, sem descontar seu beiral, conforme destacada por Leite e Sguissardi (2008).

Complementando a análise temporal, a redução do tempo total para execução do levantamento topográfico está mais ligada ao quantitativo de auxiliares e seu treinamento, bem como a destreza e experiência, enquanto que, a redução do tempo total gasto no levantamento aerofotogramétrico está relacionada com um melhor desempenho computacional.

CONDIÇÕES DE VIABILIDADE OPERACIONAL

Assumindo a perspectiva de que se dispõe de todos os equipamentos para a execução de ambos os levantamentos, a viabilidade operacional está relacionada ao quanto o corpo técnico está capacitado e qual o efetivo de participantes (Tabela 5) em cada método.

Tabela 5 – Efetivo e qualificação do corpo técnico

Tipo de levantamento	Levantamento Topográfico	Levantamento Aerofotogramétrico
Engenheiro	≈ 1	≈ 1
Auxiliar	≈ 3	≈ 1
Total	≈ 4	≈ 2

Fonte: Autoria própria (2020).

Ressalta-se que a prática do levantamento topográfico convencional já é consagrada, portanto, apresenta maior frequência de profissionais habilitados no mercado. Já o levantamento aerofotogramétrico, com a popularização e a melhoria do sensor embarcado no VANT, possibilitou um aumento na procura pelo setor para execução do processamento, porém enfatiza-se que para realizar este levantamento é de suma importância estar capacitado para tal.

A aerofotogrametria embora já ser consagrada em levantamentos cadastrais, nos últimos anos tornou-se mais acessível com o advento de VANTs. Conforme Fonseca Neto et al. (2017), isso se justifica pela necessidade de atualização em seus diversos elementos, em especial a sua base cartográfica, de forma contínua, ou o mais próximo disso. Deste modo, tal continuidade reflete na importância de se efetuar, não somente um monitoramento temporal de elementos importantes já cadastrados, mas também ao cadastramento de novos elementos, que torna muito dispendioso ao empregar aeronaves.

Em conformidade com a discussão apresentada por Braz et al. (2015), os levantamentos fotogramétricos por meio do VANTs atribuem outras vantagens perante a aeronaves, devido liberdade destinada ao operador para a tomada das fotografias em diferentes momentos, facilidade no planejamento e execução de planos de voos por meio de aplicativos, grande possibilidade de se estruturar uma base de dados com imagens multitemporais, além de reduzir o custo aos usuários.

PRECISÃO DOS MÉTODOS

No levantamento topográfico as precisões a serem alcançadas seguem o padrão definido pela NBR 13133 (ABNT,1994), que preconiza para poligonais planimétricas de apoio topográfico deve-se empregar poligonais da classe IIP e como metodologia para execução do levantamento topográfico planialtimétrico a classe IVP. Os resultados apresentados explicitam que os padrões normatizados quanto as tolerâncias e os erros angular (04' 48"), linear (0,074m) e altimétrico de 0,017 m) foram alcançados.

No levantamento aerofotogramétrico, a metodologia adotada define que o erro de apontamento dos pontos de apoio na imagem deve ser menor que 1 pixel (2,61 μm), devido à alta resolução da imagem. A observação da Tabela 6, com dados oriundos do relatório de processamento efetuado no *software Photoscan*, verifica-se um erro de 0,464 pixel e quanto às precisões dos pontos de controle, se observa um valor total de 0,053 m, resultados estes bastante satisfatórios.

Tabela 6 – Demonstrativo de erros do pixel e dos pontos de controle

Ponto	X erro (m)	Y erro (m)	Z erro (m)	Total (m)	Imagem (pix)
MC 01	0,003	-0,001	-0,070	0,070	0,241
MC 04	-0,011	0,004	-0,016	0,019	0,607
MC 05	0,003	0,007	-0,075	0,076	1,077
PT 07	0,004	0,005	0,022	0,023	0,305
PT 08	-0,004	-0,011	0,048	0,049	0,118
PT 09	0,004	0,006	0,012	0,014	0,280
PT 10	-0,006	-0,012	0,040	0,042	0,228
PT 11	-0,001	0,004	-0,014	0,014	0,239
PT 12	0,008	0,001	-0,076	0,077	0,343
PT 13	0,0001	0,0001	0,125	0,125	0,364
Média	0,005	0,0055	0,053	0,054	0,464

Fonte: Autoria própria (2020).

Os pontos de *check* (verificação) se apresentam como indicadores de qualidade do levantamento aerofotogramétrico, tendo como função controlar a qualidade da aerotriangulação mediante o cálculo da discrepância entre as coordenadas estimadas (aerotrianguladas) e a coordenada conhecida (determinada pelo levantamento de campo) (BRITO; COELHO FILHO, 2007).

Da análise da Tabela 7, verifica-se que o produto gerado pode ser enquadrado na classe A do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) em Planimetria, já que o erro foi inferior a 17 cm (INDE,2018). Assim como, na altimetria com curvas de nível com equidistância de 1 em 1 metro, enquadra-se também no Padrão Classe A, pois resulta em um erro bem abaixo no permitido (17cm), de acordo com a INDE (2018).

Tabela 7 – Valores de média, desvio-padrão e RMS

Ponto	Erro X (m)	Erro Y (m)	Erro Z (m)
MC 02	0,012	-0,010	0,014
MC 03	-0,001	0,025	-0,007
MC 06	0,010	-0,030	-0,083
Média	0,007	-0,005	-0,025
Desvio Padrão	0,007	0,028	0,051
Raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE)	0,009	0,028	0,057
Erro Padrão (m)	0,030		0,057
	Erro Planimétrico		Erro Altimétrico

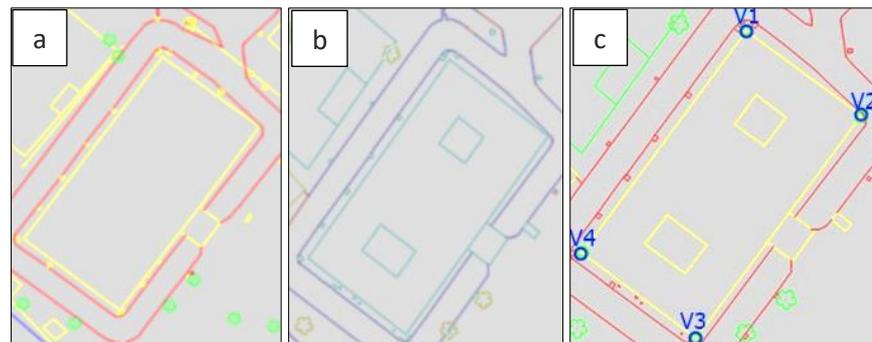
Fonte: Autoria própria (2020).

O desvio padrão é uma medida que expressa o grau de dispersão de um conjunto de dados, ou seja, o desvio padrão indica o quanto um conjunto de dados é uniforme, quanto mais próximo de 0 for o desvio padrão, mais homogêneo são os dados (GEMAEL, 2004). Em relação à precisão do MDT e das curvas de nível, estes estão ligados diretamente ao resultado da aerotriangulação do bloco fotogramétrico. Ao final deste procedimento o *software Agisoft Photoscan* gera um relatório completo exibindo todos os dados estatísticos para o bloco, incluindo o RMSE (*Root Mean Square Error*) que, derivado das siglas em inglês, significa Raiz do Erro Médio Quadrático e é o indicador da acurácia do seu produto final.

ANÁLISE DE DADOS COMPARATIVAS DOS PRODUTOS GERADOS

O principal produto gerado em ambos os métodos foi a planta topográfica planialtimétrica, portanto, utilizando a planta topográfica como referência de exatidão, foi verificado, qual valor de discrepância a vetorização efetuada no mosaico de ortofoto (Figura 8b) apresentava em relação ao original (Figura 8a).

Figura 8 – Vetorização por meio da topografia (a), fotogrametria (b) e os vértices da edificação (c)



Fonte: Autoria própria (2020).

Utilizando a edificação principal da área (Figura 8c), que apresenta forma retangular bem definida por seus quatro vértices (V1, V2, V3 e V4), foi realizada a comparação posicional de cada vértice. Deste modo, foi apresentado uma discrepância de 7,8cm, 0,8cm, 11,3cm e 11,6cm, para os vértices V1, V2, V3 e V4, respectivamente.

A norma 13133 (ABNT, 1994) preconiza que, o erro máximo admissível na elaboração de desenho topográfico para pontos e traçados de linhas, tenha o valor de 0,2 mm, que equivale a duas vezes a acuidade visual de graficismo. Assim, a exatidão planimétrica do levantamento topográfico está intimamente relacionada com a sua escala (cerca de 0,2 mm x o denominador da escala) (VEIGA, ZANETTI; FAGGION, 2012). Deste modo, a representação gráfica deste levantamento está de acordo com esta exatidão.

Deste modo, pode-se concluir que sendo a escala do projeto 1:1.000 e a maior discrepância encontrada foi de 11,60 cm, representando em escala o valor de 0,116 mm, considera-se que as duas vetorizações correspondem a mesma realidade planimétrica.

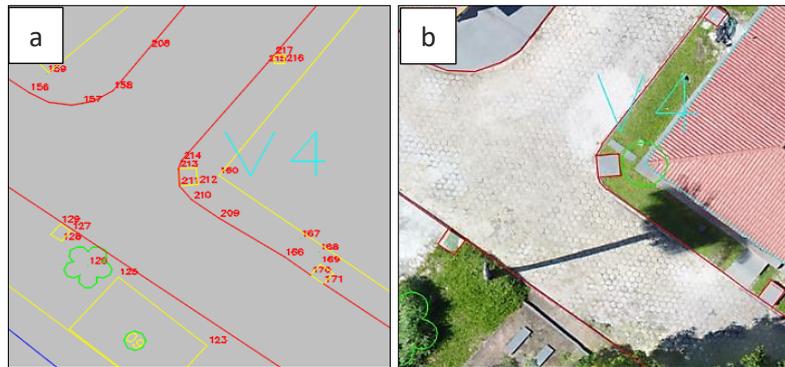
Outro comparativo feito entre os métodos de levantamento faz menção à forma como se procede a vetorização. No levantamento topográfico, procede-se a vetorização através da ligação ponto a ponto (pontos irradiados) dos vértices definidores da forma do elemento planimétrico a ser representado (Figura 8a), enquanto, no levantamento aerofotogramétrico a vetorização é feita com base ao mosaico da ortofoto (Figura 8b).

Assim, a vetorização originada do método aerofotogramétrico mostrou-se mais produtiva em termos de realização, pois a riqueza pictorial permite fácil interpretação, diferentemente da topografia que é feita com o auxílio de um croqui ou codificação dos pontos. Ademais possibilita a fiscalização e inspeção de obras, como destacado por Lisboa et al. (2018) e Tucci et al. (2019). No entanto, a utilização de VANTs está em estágio exploratório e ainda não foi amplamente utilizado na indústria da construção, conforme destacam Li e Liu (2019).

Além disso, algumas feições prediais, como detalhamento de telhados e construções internas, são melhores identificados com a fotogrametria, como observado na Figura 8b.

No entanto, conforme já mencionado e apresentado na Figura 9, este método apresenta uma desvantagem, que está associada a vetorização dos telhados e não das construções (paredes), ou seja, há um aumento das dimensões das construções em área. Este problema também foi destacado por Nichetti (2016) e Arantes et al. (2018), pois em seus trabalhos discutem este problema na cobrança de imposto em áreas urbanas. Ademais, para o levantamento de detalhes as geometrias nas ortofotos em comparação com os produtos topográficos terão posições deslocadas em grandes escalas (como o caso das árvores).

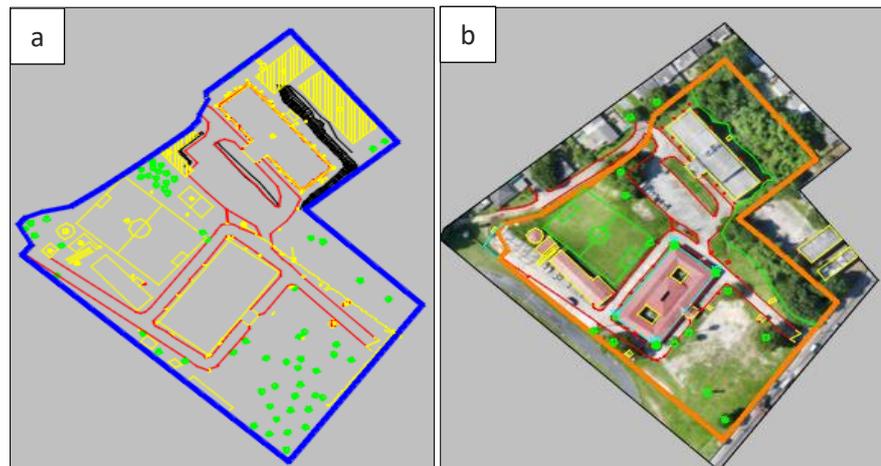
Figura 9 – Vetorização topográfica (a) e aerofotogramétrica (b)



Fonte: Autoria própria (2020).

Não menos importante, outra comparação entre os produtos gerados pelos dois métodos, diz respeito à obtenção da área e perímetro do imóvel. A área objeto deste estudo tem seu perímetro bem definido por um muro que cerca todo o imóvel. As deflexões existentes também são bem evidentes, fruto das mudanças de direção do cercamento. Portanto, foi feita a mensuração do limite pelo método topográfico (Figura 10a) e pelo método aerofotogramétrico (Figura 10b).

Figura 10 – Limite da área pelo método topográfico (a) e fotogramétrico (b)



Fonte: Autoria própria (2020).

Os resultados obtidos na mensuração estão explicitados na Tabela 8, onde se demonstram os resultados alcançados, bem como as discrepâncias no cálculo de área e perímetro (representado pelo polígono azul – Figura 10a) utilizando o sistema métrico e também em termos percentuais.

Tabela 8 – Área e perímetro obtidos pelos dois métodos

Método de levantamento	Área (m ²)	Perímetro (m)
Levantamento Topográfico	23.621,127	698,868
Levantamento Aerofotogramétrico	23.789,726	703,506
Discrepância (m)	168,599	4,638
Discrepância (%)	0,71	0,66

Fonte: Autoria própria (2020).

O art. 500 do Código Civil Brasileiro conceitua:

§ 1º Presume-se que a referência às dimensões foi simplesmente enunciativa, quando a diferença encontrada não exceder de 1/20 (um vigésimo) da área total enunciada (BRASIL, 2002).

Deste modo, do fundamento legal que respalda os conceitos ora trazidos, verifica-se que a tolerância “*ad mensuram*” que é de 5%, foi plenamente satisfeita quando da mensuração da área e perímetro do imóvel utilizando o método de levantamento aerofotogramétrico.

CONCLUSÃO

Toda tecnologia possui seus pontos positivos, negativos e principalmente suas limitações. O mais importante é conhecer as características de cada uma e aplicá-la de acordo com as necessidades do projeto. O objetivo desta pesquisa consistia em comparar duas plantas de situação do PDOM da CRO 8, elaboradas por métodos de levantamento diferentes, verificando padrões de tempo de execução, custo financeiro, disponibilidade de pessoal, produtividade e precisão.

Dessa análise, depreendeu-se que a aerofotogrametria apoiada por VANT pode ser utilizada em projetos que geralmente são realizados através da topografia. A aplicação do método de levantamento poderá ser de forma independente ou mista, dependendo da produtividade e precisão requerida pelo projeto.

A Topografia possui uma acurácia posicional melhor, quando comparada à Fotogrametria, portanto, o uso de cada método vai depender do problema que o projeto se propõe a solucionar. No presente caso, chegou-se a resultados que evidenciam que, em termos de acurácia, poder-se-ia utilizar ambos os métodos. No entanto, vale ressaltar que a precisão dos levantamentos depende diretamente da calibração e aferição dos sensores e equipamentos utilizados.

Quando se analisa a qualidade dos dados gerados, é nítido que a fotogrametria gera uma quantidade maior de dados, o que proporciona um melhor detalhamento do terreno. No entanto, em áreas de vegetação densa, estes dados embora densos, não representam o terreno. Além disso, a fotogrametria oferece dados exclusivos como a realidade virtual do terreno por meio do MDS, que combinado com outros sistemas (tecnologia BIM - *Building Information Modeling*), fornece suporte para que as atividades de projeto, análise e orçamento sejam desenvolvidas de forma mais produtiva e qualitativa.

Ponderando sobre produtividade, a fotogrametria, neste caso, apresenta melhor desempenho, pois trata-se de uma área reduzida. Nesse contexto, o mercado de geotecnologias vem apresentando os VANTS como alternativa tecnológica, em que demonstra sua eficiência quando empregados ao mapeamento de pequenas áreas, proporcionando alta resolução temporal e alta resolução espacial (EISENBEISS, 2004; NEBIKER et al., 2008; PEGORARO; PHILIPS, 2011). Essa discrepância aumentaria significativamente se a área de interesse fosse maior, pois é possível mapear uma área mais extensa, no mesmo dia, através do voo aerofotogramétrico.

Fruto dessa comparação entre métodos, verifica-se que, em termos de custos operacionais, a fotogrametria por VANT apresenta um custo menor, quando trata-se de compra destes produtos, devido a necessidade de um número reduzido de auxiliares em campo e da rapidez da coleta dos dados, o que diminui a quantidade de tempo para coleta dos dados de campo, gerando uma redução de equipe e de gastos de logística com os auxiliares.

Contudo, todo método apresenta algum tipo de restrição, no atual estudo em particular, verificou-se que, na topografia as feições internas das edificações não foram levantadas (Figura 8a) por questões de inviabilidade operacional, contudo, esses mesmos dados foram perfeitamente levantados por aerofotogrametria. Por outro lado, em áreas de vegetação densa ficaram melhores definidos com a utilização da topografia ou outros sensores, não óticos (PARADELLA et al., 2001).

Portanto, esse estudo contribuiu de forma significativa para a definição do método de levantamento planialtimétrico a ser utilizado nas diversas organizações militares do Exército Brasileiro, fornecendo subsídios para uma tomada de decisão mais eficiente quando se tratar de levantamento planialtimétrico e suas condicionantes quantitativa e qualitativa. No entanto, recomenda-se para trabalhos futuros, adotar o método de análise multicritério para tomada de decisão, conforme proposto por Longaray et al. (2016), Rivas (2016), Costa e Belderrain (2009).

Além disso, como já mencionado não se pretende, neste trabalho, determinar o método mais eficaz. Todos têm sua devida aplicação e são eficientes no que se propõem, sendo de suma importância, quanto a determinação do levantamento adequado, a correta definição dos equipamentos, método e processamento para alcançar a excelência no fornecimento do produto cartográfico exigido.

Finalizando, ambiciona-se que os resultados apresentados, sirvam de arcabouço teórico e prático para que o gestor do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS) possa discernir e orientar qual o método de levantamento mais adequado a ser empregado na execução do plano diretor de outras organizações militares.

Comparative analysis between planialtimetric survey methods for preparing the master plan of the regional works commission in Belém - PA

ABSTRACT

In terrestrial topographic survey, the most widespread means of data acquisition are through the Total Station and the GNSS (Global Navigation Satellite System) positioning. With the technological evolution occurred in the area of data acquisition, the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) arises, mainly due to the reduction in the cost of equipment and the speed in obtaining the data, facing the topography. In this way, the present work seeks to compare the data of survey, area calculation, perimeter and vectorization of buildings generated by two methods of data acquisition (topography and aerial photogrammetry using UAV), using the facilities of the Regional Works Commission of the Brazilian Army located in Belém-PA. It is worth mentioning that the methods used achieved the advocated precision, namely, polygonal Class II PAC (NBR 13133/1994) for the use of the Total Station and PEC (Cartographic Accuracy Standard) class A in the case of using the UAV. The results presented in the acquisition of data used in the comparative form, shows that there is no perfect technique. Thus, one can use one or another method for different situations and present the advantages and disadvantages associated with each method for elaboration of the master plan and mapping the area in question.

KEYWORDS: UAV. Topography. Precision. Cost x benefit.

AGRADECIMENTO

Ao Exército brasileiro, em especial a Comissão Regional de Obras da 8ª Região Militar (CRO 8), Belém-PA, pela disponibilização de equipamentos e equipe técnica para execução desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ARANTES, B. H. T.; ARANTES, L. T. ; VENTURA, M. V. A. ; COSTA, E. M.; BESSA, M. M.; BALIZA, L. M. ; MORAES, V. H. Uso de drones na atualização de área construída de imóveis urbanos. **Scientia Plena**. v14, n 10, 2018. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.105301>

BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n.8, p. 1-74, 11 jan. 2002. PL 634/1975.

ASSIS, I. C. Aplicação de fotogrametria terrestre digital na amostragem de mina subterrânea: exame comparativo com técnicas tradicionais. 2011, 27 f. **Monografia** (especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, Belo Horizonte, 2011.

BRAZ, A. M., BORGES, J. P. S., BERNARDES, D. C. S.; Terezan, L. H. Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVII. 2015, João Pessoa. **Anais [...]**. Brasil: INPE, 2015. p. 6381-88, 2015.

BRITO, J. L. N. e S.; COELHO FILHO, L. C. T. **Fotogrametria Digital**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 2007.

COSTA, T.C.; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão Em Grupo Em Métodos Multicritério De Apoio À Decisão. *In*: Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA XV ENCITA, 15. 2009, São José dos Campos. **Anais [...]**. São Paulo, 2009.

CRO. **Comissão Regional de Obras da 8ª região Militar**. 2019. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/index.php/orgaos-de-execucao>. Acesso em: 30 jun. 2019.

DOM. **Diretoria de Obras Militares do Exército Brasileiro**. 2019. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/index.php/s2-projetos/aprovacao-de-projetos2>. Acesso em: 25 set. 2019.

DJI. **PHANTOM 4 PRO Especificações**. 2020. Disponível em: <https://www.dji.com/br/phantom-4-pro/info>. Acesso em: 28 jul. 2020.

EISENBEISS, H. A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition. *In: International Workshop on Processing and visualization using high resolution Imagery, Thailand, Novembro, 18-20, 2004. Anais [...]. Pitsanulok, 2004.*

FARIAS, J. L. P.; MERÊNCIO, I.; VIEIRA, C. A. O. Avaliação da Acurácia Cartográfica Planimétrica do Produto Gerado a Partir de Aeronave Remotamente Pilotada (RPA). *In: Anais do XIII COBRAC, Florianópolis, 2018. Anais [...]. Santa Catarina, 2018.*

FONSECA NETO, F. de D.; GRIPP JÚNIOR, J.; BOTELHO, M. F.; SANTOS, A. de P. dos; NASCIMENTO, L. A.; FONSECA, A.L. B. Avaliação Da Qualidade Posicional De Dados Espaciais Gerados Por VANT Utilizando Feições Pontuais E Lineares Para Aplicações Cadastrais. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 23, no1, p.134 - 149, 2017.

FORTUNATO, B. Q.; NETTO, S. O.A.; BARBALHO, L.V. Levantamento Topográfico do Campus UERJ Maracanã para regularização Patrimonial. **Revista Brasileira de Geomática**, v. 7, n. 2, p. 115-129, abr/jun. 2019.

GEMAEL. C. **Introdução ao ajustamento de observações: aplicações geodésicas**. 1. Ed. Paraná. Editora: UFPR, 2004. 319p.

GHILANI, C. D.; WOLF, P. R. **Elementary Surveying an Introduction to Geomatics**. 13th ed. Pearson, 2013. 962 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Recomendações para Levantamentos Relativos Estáticos – GPS**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos Associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

INDE. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. **Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) Versão 3.0**. Ministério de Defesa, 2018.

LEITE, R. F.; SGUISSARDI, G. Comparação construída cadastrada, Levantamento in loco e imagem aérea ortorretificada em Município de Pequeno Porte. *In: Anais do XIII COBRAC, Florianópolis, 2018. Anais [...]. Santa Catarina, 2018.*

LI, Y.; LIU, C.; Applications of multirotor drone technologies in construction management. **International Journal Of Construction Management**, v. 19, n. 5, p. 401-412, 2019.

LIMA, G. O. **Estudo comparativo entre os métodos de levantamento planialtimétrico (topografia convencional e aerofotogramétrico) para fins de elaboração do plano diretor da comissão regional de obras em Belém**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2018.

LIMA, E. M.; THOMAZ, T. A. M.; SEVERO, T.C. **Mapeamento aerofotogramétrico digital utilizando fotografias de médio formato**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LISBOA, D.; SENA, A. B.; AGUIAR, A. B.; BARROSO, E.; FERREIRA, M. Utilização do VANT para Inspeção de Segurança na Construção de uma Avenida em Belém-PA. *In: XVI Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, São Paulo, 2018. Anais [...].* São Paulo, 2018.

LONGARAY, A.A.; MUNHOZ, P.R. da S.; TONDOLO, V.A.G.; QUADRO, R. C. Análise multicritério de decisão e sua aplicação na gestão da saúde: uma proposta de revisão sistemática da literatura. **EXACTA-EP**, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 609-618, 2016.

LOPES, T; MELANDA, E. A.; STANGANINI, F.N. Avaliação dos Produtos Cartográficos Gerados Por RPA Quadrimotor. *In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Santos, 2019. Anais [...].* São Paulo: INPE, 2019. p. 2438-2441.

MARQUES, H. M.; MONICO, J.F.G.; AQUINO, M.; ROSA, G. P. dos S. Efeitos de segunda e terceira ordem da ionosfera no posicionamento GNSS no Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.27, n.3, São Paulo. 2009.

MARQUES, E.; DAL POZ, W. R.; DE FREITAS, J.; GUIMARÃES, G. N. Desenvolvimento de um software para cálculo da Ondulação Geoidal usando a Técnica Remover Restaurar. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, p. 819-845, 2018.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 476 p.

NEBIKER, S., ANNENA, A., SCHERRERB, M., OESCH, D. A Light-Weight Multispectral Sensor for micro UAV – Opportunities for very high resolution airborne remote

sensing. *In*: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – XXI ISPRS Congress, July 3-11, 2008, Beijing. **Proceedings** [...]. Beijing: China, 2008.

NICHETTI, M. E. H. **Análise Geométrica de Levantamento Urbano Utilizando Imagens Orbitais E Veículo Aéreo Não Tripulado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2016.

OPUS. **Sistema Unificado do Processo de Obras**. 2019. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/opus/>. Acesso em: 14 set. 2019.

PEGORARO, A. J., PHILIPS, J.W. Quadrirotores/Microdrone como Portadores de Geosensores aplicados ao Cadastro Territorial. *In*: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: INPE, 2011. p. 8461-8468.

RAMOS, I. M. G; LIMA, L. A.; SILVA, T. M. G; GALLIS, R. B. A.; BARBOSA, R. L.; GUIMARÃES, G. N. Comparação de Levantamento Geodésico e Levantamento Aerofotogramétrico com Aeronave Remotamente Pilotada Para Uso Em Georreferenciamento De Imóveis Rurais. *In*: Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva, 2017, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2017. p. 674-678.

RIVAS, R. E. G. **Uso do Método Multicritério Para Tomada De Decisão Operacional Tendo Em Conta Riscos Operacionais, à Segurança, Ambientais E à Qualidade**. 2016. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial), da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

SANTOS, D. G. da S.; RODRIGUES, M. V.; ALVES, J. A. da C.; MORAES, V. H. de; CARDOSO, G.G.G. Estudo de áreas em levantamento planimétrico por caminhamento e irradiação em teodolito digital e analógico. **Revista Brasileira de Geomática**, v.2, n. 1, p. 2-7, 2014

SILVA, I.; SEGANTINE, P. C. L. **Topografia para engenharia: Teoria e prática de geomática**. 1. ed. São Paulo: Editora Elsevier, 2015. 412 p.

SPECTRA. **Características e Benefícios do Receptor SP60**. 2020. Disponível em: <https://spectrageospatial.com/sp60-gnss-receiver/?lang=pt-br>. Acesso em: 30 jul. 2020.

PARADELLA, W. R.; CECARELLI, I. C. F.; OLIVEIRA, C. G. de; LUIZ, S.; MORAIS, M. C. de; COTTINI, C. P.. A Geração de Modelos Digitais de Elevação pela Estereoscopia

de Radar: Conhecimento Atual e Resultados com Imagens RADARSAT-1 na Amazônia. *In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 2001*, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu, 2001. p. 1333–1340. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/lise/2001/09.20.17.53/doc/1333.1340.258.pdf>>. Acesso em: 28 jul.2020.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Geodésia e Cartografia**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2016. 227 p.

TULER, M.; SARAIVA, S. **Fundamentos de Topografia**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2015. 306 p.

TUCCI, G.; GEBBIA, A.; CONTI, A.; FIORINI, L.; LUBELLO, C. Monitoring and Computation of the Volumes of Stockpiles of Bulk Material by Means of UAV Photogrammetric Surveying. **Remote Sensing**. v.11, 1471, 2019.

VIEIRA, A. A Engenharia de Fortificação e Construção no Contexto das Guerras do Século XXI. **Military Review**, p. 56- 61, jul-ago, 2013.

VEIGA, L.K.; ZANETTI M. A. Z.; FAGGION, P.L. **Fundamentos de Topografia**. Universidade Federal do Paraná. 288p. 2012.

Recebido: 15 maio 2020

Aprovado: 16 jul. 2020

DOI: 10.3895/rbgeo.v8n4.12307

Como citar: LIMA, G. O.; CALDEIRA, M. C. O.; CALDEIRA, C. R. T. Análise comparativa entre métodos de levantamento planialtimétrico para elaboração do plano diretor da comissão regional de obras em Belém – PA. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 338-362, out./dez. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Gerson Oliveira Lima

Vila Militar Duque de Caxias, 66, CEP 66613-130, Belém – Pará

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

