

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DE EDIFICAÇÕES DA REGIÃO NORTE DE PALMAS – TO AO CÓDIGO DE OBRAS POR MEIO DE IMAGEAMENTO

Compatibility and adequacy study of buildings in the northern region of Palmas – TO according to the Building Code using aerial imaging

Thaiana Brunet Feitosa
Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Tocantins
thaianabrunes@gmail.com

Dênis Cardoso Parente
Departamento de Engenharia Civil no Centro Universitário Luterano de Palmas
deniscardosoparente@gmail.com

Recebido: 27/08/2019

Aceito: 19/11/2019

RESUMO: Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente. Tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida, proximidade com o objeto fotografado e à velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens, podendo ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível. O presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) na compatibilização e adequação de edificações da região norte de Palmas – TO ao código de obras. Como ferramenta foi utilizado um VANT, softwares para plano de voo e processamento de imagens. A área de estudo escolhida foi a quadra 407 Norte, localizada na região norte da cidade de Palmas - TO. Com metodologia que permitisse atestar a potencialidade dos produtos gerados, foram feitos sobrevoo e medições em campo. Através das imagens aéreas obtidas, foi gerado um ortomosaico. A partir do ortomosaico, foram identificadas diretrizes pré-estabelecidas e posteriormente comparadas com as diretrizes estabelecidas pelo código de obras municipal. Os resultados encontrados mostram que as imagens aéreas obtidas e o ortomosaico gerado podem auxiliar de forma confiável, rápida e segura no processo de compatibilização e adequação das edificações, atestando que a plataforma VANT e os sensores passíveis de serem acoplados a elas podem servir adequadamente como tecnologia no estudo proposto. Mesmo apresentando elevado potencial e exatidão no levantamento dos quantitativos das superfícies.

Palavras-chave: Veículo Aéreo não Tripulado (VANT); Ortomosaico; Código de Obras Municipal.

ABSTRACT: Initially, the UAVs were used for military purposes, however, their use is becoming attractive. Such as the possibility of being related to the cost, the high mobility, security, the proximity to the photographed object and the speed of capacity obtention and transfer of data, the possibility of monitoring over the years through the images, being able to be used in situations where a manned inspection is not possible. The present work aims at analyzing the reliability of the use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the compatibility and adequacy of buildings in the northern region of Palmas - TO to the Building Code. As a tool it was used a UAV, flight planning software and image processing. The area of study chosen was block 407 Norte, located in the northern region the city of Palmas - TO. Using a methodology that allowed to attest the potential of the products generated, flyovers and field measurements were made. Through the aerial images obtained, an orthomosaic was generated. From the orthomosaic, pre-established guidelines were identified and later compared to the guidelines

established by the municipal building code. The results show that the aerial images obtained and the generated orthomosaic can help in a reliable, fast and safe way in the process of compatibility and adequacy of the buildings, attesting that the UAV platforms and the sensors that can be coupled to them can adequately serve as technology in the proposed study. Even with high potential and accuracy in the survey of the quantitative of the surfaces, it should be noted that flight conditions and the presence of shadow can interfere with the quality of the images generated.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV); Orthomosaic; Municipal Building Code.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Municipal De Planejamento Urbano De Palmas – IMPUP (2017, p.13), Palmas foi concebida através de um projeto urbanístico modernista, abrangendo uma área urbana com 11.085 hectares, com capacidade para abrigar cerca de 1 milhão e 200 mil habitantes. Esse projeto previa fases de ocupação e adensamento, estabelecendo diretrizes para seu crescimento e desenvolvimento com um eixo central adensado, onde se concentram serviços urbanos. Entretanto, o processo de ocupação foi alvo de ocupações por famílias de imigrantes que vieram para trabalhar na construção da cidade e não seguiu as diretrizes traçadas, nem as etapas de sua ampliação, tampouco as densidades planejadas, gerando nas regiões centrais um grande número de vazios urbanos e nas regiões periféricas uma densa concentração da população de menor poder aquisitivo.

De acordo como IMPUP (2017, p.108), em 2012 já se identificavam loteamentos clandestinos fora do perímetro urbano definido em lei, mas com uma baixa ocupação. Uma das áreas mais populosas era próximo à área da Região Norte. Esta situação foi sendo consolidada ao longo dos anos, com as famílias construindo inicialmente barracos e posteriormente promovendo melhorias habitacionais, murando os terrenos, construindo novas habitações, entre outros, o que contribuiu para um aspecto urbano segmentado e desordenado, caracterizado pelo alargamento desnecessário da área urbana e pela implantação parcial da infraestrutura, equipamentos urbanos e ofertas de serviços, acarretando maiores custos.

Diniz et al. (2015, p.140) defendem que o crescimento urbano acelerado sem a implementação do código de obras integrado, com a implantação irregular de centenas de loteamentos ao longo da malha viária, sem nenhum critério, com instalação de infraestrutura parcial, são condições que não satisfazem a segurança, o conforto e a higiene dos usuários e dos demais cidadãos.

Nesse contexto, o processo de compatibilidade e adequação dessas edificações ao código de obras serve como ferramenta importante para o planejamento urbano e para viabilizar o acesso ao direito à moradia, tendo importância para o atendimento dos interesses particulares dos envolvidos e para o atendimento dos interesses públicos, melhorando a qualidade da cidade e oferecendo oportunidades à população de menor renda, possibilitando a melhoria da infraestrutura através do planejamento do município na destinação de recursos.

De acordo com Lima et al. (2016, p.1), para a realização desse processo são necessárias várias etapas, dentre elas, o levantamento planialtimétrico, essencial para

descrever as características físicas e topográficas da área, sendo feito a partir dele o detalhamento do terreno, indispensável na verificação da viabilidade do processo.

Para tal, a rapidez e precisão dos dados são essenciais. Inseridos nesse contexto, os veículos aéreos não tripulados - VANTS são ferramentas importantes na realização desses levantamentos, uma vez que realizam aerolevanteamento.

De acordo com Brasil (2015, p.9), o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo para definir este escopo de atividade, caracterizando-se como VANT toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo. Esta, porém, há de ser de caráter não recreativo e possuir carga útil embarcada. E aerolevanteamento é o conjunto de operações para obtenção de informações da parte terrestre, aérea ou marítima do território nacional, por meio de sensor instalado em plataforma aérea, complementadas pelo registro e análise dos dados colhidos, utilizando recursos da própria plataforma ou de estação localizada à distância.

Inicialmente, os VANTs foram utilizados para fins militares, no entanto, seu uso está tornando-se cada vez mais atraente para aplicações comerciais e governamentais locais devido ao enorme potencial de monitoramento e inspeção de propriedades (GIUFFRIDA, 2015, p. 8).

Segundo Melo (2016, p.18), a evolução contínua das plataformas VANT tem possibilitado a utilização desta tecnologia emergente em diversas aplicações, tais como: agricultura e pecuária, vigilância e controle de tráfego, monitoramento de situações de emergência, como incêndios e desastres naturais, campanhas publicitárias e mercado imobiliário. Na engenharia civil, os estudos ainda são recentes, tendo como destaque: monitoramento de rodovias (BARROS et al., 2017, p.5); identificação de patologias em pavimento asfáltico (PARENTE et al., 2017, p.160); inspeção de canteiros de obras (MELO, 2016, p.160); mapeamento de projetos viários (ALMEIDA, 2014, p.149).

Conforme Giuffrida (2015, p.8), tal potencial de uso está diretamente relacionado ao baixo custo, à alta mobilidade, à segurança oferecida, proximidade com o objeto fotografado e à velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens, podendo ser utilizado em situações em que uma inspeção tripulada não seja possível. Além de corroborar na identificação e na correção de condições e/ou atos inseguros, contribuindo com a prevenção de acidentes.

Sousa (2017, p.326), cita muitas vantagens para o uso do VANT, tais como a possibilidade de adquirir dados com grande detalhamento em áreas de difícil acesso ou que possam oferecer riscos, além de oferecer uma alta resolução temporal e espacial.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a aplicação de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT) no processo de compatibilidade e adequação de edificações da Região Norte de Palmas – TO ao código de obras do município.

MATERIAIS E MÉTODOS

São apresentados aqui os materiais e métodos que serão utilizados nesta pesquisa, bem como as áreas de estudo e o que motivou as escolhas para a realização do trabalho de campo. Destacam-se ainda as características e especificidades dos equipamentos utilizados na aquisição das imagens, descrições dos softwares que foram utilizados e suas aplicações em cada etapa da pesquisa, planejamento dos voos, os parâmetros e as técnicas utilizadas para a obtenção das fotos e processamento do ortomosaico e análise do resultado final.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a quadra 407 Norte, localizada no plano diretor Norte do município de Palmas, figura 1. As visitas a quadra foram realizadas nos dias 09 de Agosto de 2018 e 05 de Setembro de 2018.

A quadra 407 Norte possui área de 50,86 ha e perímetro de 2.919,42m, por ser um loteamento antigo possui alta taxa de ocupação, tendo como data de registro e início de sua ocupação em 20/07/1998. A escolha dessa área de amostragem deve-se ao fato de ser uma quadra antiga da cidade.

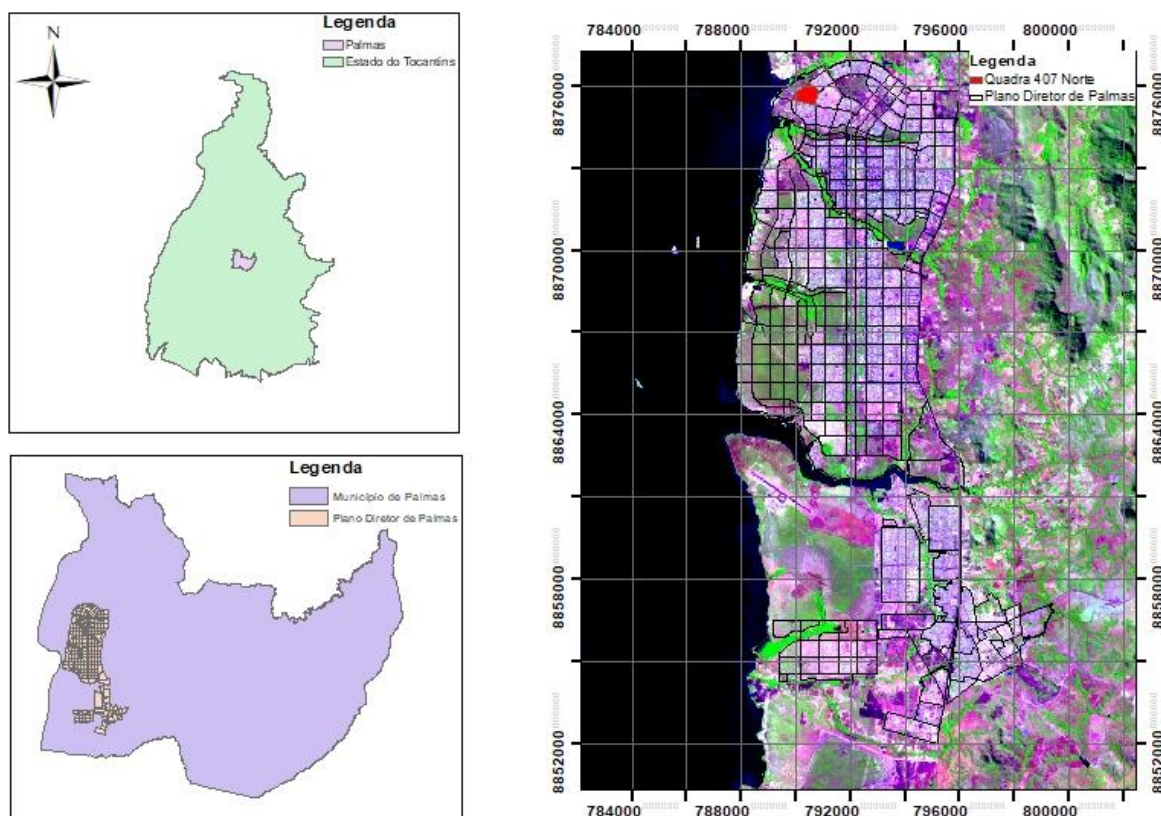


Figura 1. Área de estudo. **Fonte:** AUTOR, (2018).

MATERIAIS

VANT eBee softwares para voo e processamento de imagens

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo não tripulado do modelo eBee (Figura 2). A aeronave compreende uma plataforma com sensores específicos acoplados que permitem a obtenção de imagens fotográficas e vídeos. A aeronave traz incorporados sensores que possibilitam a estabilidade do equipamento em missão, bem como a transmissão de dados que garantem o acompanhamento direto da execução do voo.



Figura 2. VANT modelo eBee. **Fonte:** AUTOR, (2018).

O planejamento de voo foi elaborado por meio da estação base com o seguinte conjunto: o software eMotion 2, responsável pela programação do voo e execução do trajeto da aeronave, e uma antena transmissora, que permite o acompanhamento em tempo real do sobrevoo, bem como o envio de comandos de pouso, mudanças de direção ou tomada de imagens. A interface do programa mostra informações importantes sobre o nível de bateria, temperatura ambiente, altitude, posição, duração e velocidade do voo, velocidade do vento, resolução e sobreposição longitudinal e latitudinal da área a ser sobrevoada, altitude e link do rádio.

Para processamento das imagens e geração dos mosaicos ortorretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Terra 3D. Nesse processo os pontos capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

Base

A base de controle de voo da aeronave constitui-se de uma maleta de alumínio ligada a um notebook com o software eMotion 2 instalado e configurado, além de um rádio transmissor, conforme mostra a Figura 3. A partir da máquina ligada ao rádio transmissor foram controladas e assistidas todas as etapas do voo programado.



Figura 3. Base do eBee. **Fonte:** AUTOR, (2018).

A comunicação ininterrupta garante permanentemente que informações sejam recebidas e encaminhadas à aeronave.

Dispositivo de captação de imagem (câmeras)

A câmera utilizada na captura das imagens possui as seguintes características: modelo Canon RGB S110, adequada e compatível com sistema do eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico. Sensor Live MOS de 12,3 megapixels, com uma gama

ISO de 100 a 6400, capacidade de gravar imagens em RAW (12-bit de compressão sem perdas), JPEG, JPEG + RAW, estabilizador de imagem e uma velocidade máxima do obturador de 1/4000s, podendo disparar até 3 quadros por segundo.

PROCEDIMENTOS

Antes de iniciar o voo foi efetuada uma verificação dos sistemas da aeronave para se assegurar de que o veículo estava pronto. Ainda em solo foram feitas análise das cargas das baterias para assegurar que elas estavam carregadas, além de verificar se o ambiente de decolagem está livre de obstáculos, tais como fiações, postes, vegetação, entre outros, permitindo assim a perfeita decolagem e pouso do equipamento.

Planejamento e trajetória do voo

O plano estabelecido para a presente pesquisa vislumbrou a obtenção de imagens que garantissem melhor distinção dos objetos na superfície e maior precisão para o levantamento de áreas ocupadas e recuos das edificações. Para tal, foi feito um sobrevoo com sobreposição das imagens da ordem de 50% na longitudinal e 75% na lateral. A sobreposição de imagens garante que as faixas possam ser sobrepostas entre si através de pontos homólogos entre duas ou mais imagens na área comum e formem um único bloco.

O voo é realizado em voltas paralelas, trata-se da representação do terreno por meio de fotografias expostas sucessivamente ao longo de uma direção, formando uma faixa de voo.

Aquisição de imagens

A plataforma aérea captura imagens fotográficas de até 12 km² e em áreas menores voando em altitudes mais baixas, podem chegar até 3,5cm por pixel. Com o intuito de aumentar a estabilidade da aeronave, o motor é desligado automaticamente no momento da tomada da fotografia, evitando as vibrações do motor para a câmera.

Montagem do ortomosaico

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causados pelo processo de aquisição das imagens, que visou orientar as figuras com relação umas às outras e com relação à cena completa. Nesse processo também foi realizado a correção radiométrica das cores para que não ocorra descontinuidade entre elas.

Esse processamento das imagens feito pelo software compatível com modelo do sensor da aeronave, que dispõe de GPS de navegação acoplado, que possibilitou a obtenção de pontos de controle na própria imagem, referenciadas no sistema de coordenadas UTM. DATUM WGS84, FUSO 22L.

Levantamento de dados no ortomosaico

Após a geração do ortomosaico e com o auxílio do software arcGIS (2017), as edificações foram identificadas, foram criados dois polígonos para cada edificação, um polígono correspondente a área total e um polígono correspondente a área construída. Com a ferramenta editor, e por meio da ferramenta de calculadora de campo do software arcGIS (2017), calculadas as áreas e perímetros e com a ferramenta “medições” foram calculados recuos para as edificações.

A segunda atividade foi realizada através do Microsoft Excel (2010), atendendo demandas de cálculo de taxa de ocupação, além da diferença entre as áreas e perímetros de cada polígono gerado a partir das edificações identificadas no mosaico analisado.

Após a vetorização das edificações, os resultados obtidos foram confrontados com as diretrizes estabelecidas pelo Código Municipal de Obras, sendo elas: área construída, taxa de ocupação, recuos, taxa de permeabilidade, com a finalidade de verificar a potencialidade do uso desses produtos na compatibilidade e adequação dessas edificações.

Levantamento de dados em campo

A fim de verificar a confiabilidade dos dados extraídos do ortomosaico, foram escolhidos de 20 pontos, de forma bem distribuída, isentos de interferências e obstáculos possibilitando a medição correta, tais como: copas de árvores, veículos, sendo 10 trechos em ruas e avenidas e 10 trechos em vias de passeio de pedestre, de modo que a unidade amostral trouxesse diferentes tipos de medição, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta no levantamento proposto. A Figura 4 mostra a distribuição dos pontos escolhidos, representados com numeração arábica os pontos em ruas e avenidas e com letras do alfabeto os trechos em passeio.

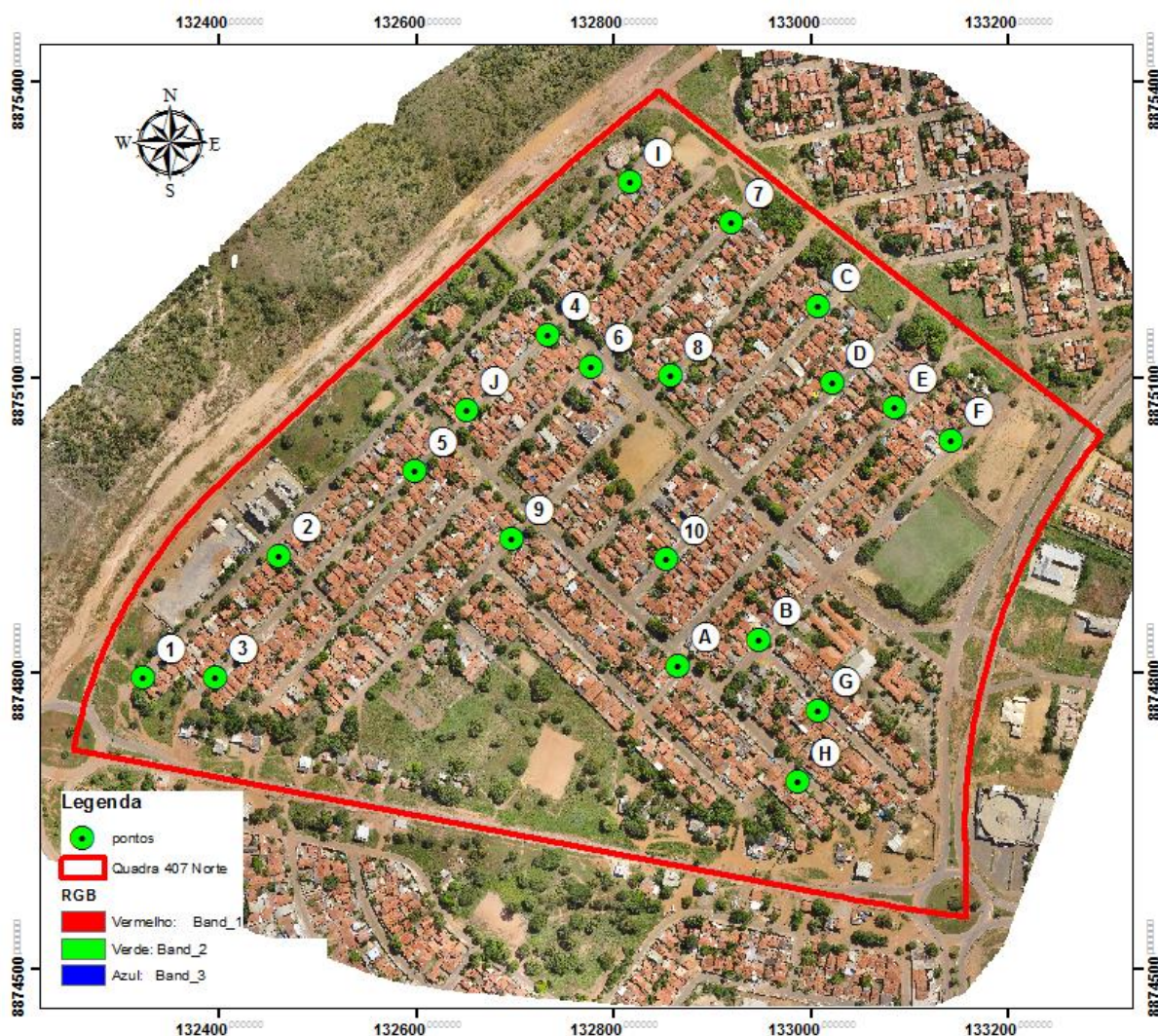


Figura 4. Distribuição de pontos escolhidos em ruas e avenidas. **Fonte:** AUTOR, (2018).

Após a definição dos pontos, foram levantados em campo os seus respectivos comprimentos. Com o mosaico gerado e com auxílio do software arcGIS (2017), foram levantados os mesmos dados, dos mesmos pontos e confrontados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos estudos realizados a partir da metodologia descrita, pôde-se confrontar os produtos levantados no ortomosaico com as diretrizes estabelecidas no código de obras do município e finalmente discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município.

Alcance e autonomia do voo

A quadra 407 Norte tem formato regular e área de 50.860 m², o que facilitou o alcance de sobrevoo. A autonomia de voo também estabeleceu um limite de distância entre a área de decolagem e o percurso feito pela aeronave durante o imageamento. A duração do voo foi de 19 minutos e 30 segundos, correspondendo a um consumo de bateria de aproximadamente 70%. No sobrevoo foi recoberta área total de 94,41 ha em tempo total efetivo de voo de 19,30 minutos, resultando em uma produtividade de 4,84 ha/min. A alta produtividade se deve a baixa velocidade do vento, o que permitiu melhor desempenho da aeronave. A altura adotada foi de 120m, e resolução em solo correspondente de 4 cm por pixel.

O alcance do link de rádio estabelecido entre a aeronave utilizada nesta pesquisa e a plataforma de controle não ultrapassou os 3.000m de limite estabelecido pelo equipamento, o que possibilitou a utilização de pontos mais adequados para sobrevoo e decolagem, ou seja, áreas livres de obstáculos, mais afastadas e pouco urbanizadas, todas dentro dos limites de alcance do rádio e da autonomia de voo.

Arelado ao fator alcance de comando, estão o alcance em visada da aeronave durante as missões, que possibilita a correção de qualquer intercorrência como, erro no planejamento de vôo, necessidade de mudança de rota em razão de inobservância de obstáculos, podendo assim, se constatado a tempo evitar maiores danos.

Qualidade do ortomosaico gerado

Para o estudo de potencialidade sobre a utilização da tecnologia VANT na verificação da compatibilidade e adequação de edificações ao código de obras do município, foi sobrevoada uma quadra totalmente urbanizada dentro do perímetro urbano, objetivando a busca por maior número de edificações a serem vetorizadas e confrontadas com as diretrizes preestabelecidas no código de obras.

Após a realização de todo processo referente aos itens anteriores, nesta etapa foi possível realizar a elaboração de mapas temáticos. O processo foi realizado através da plataforma do software ArcGis (2017), versão 10.2.2 e do ortomosaico de imagens obtidas no sobrevoo. Nessa etapa de vetorização a plataforma informa através da tabela de atributos a área e perímetro de cada unidade, conforme apresentado na Figura 5.

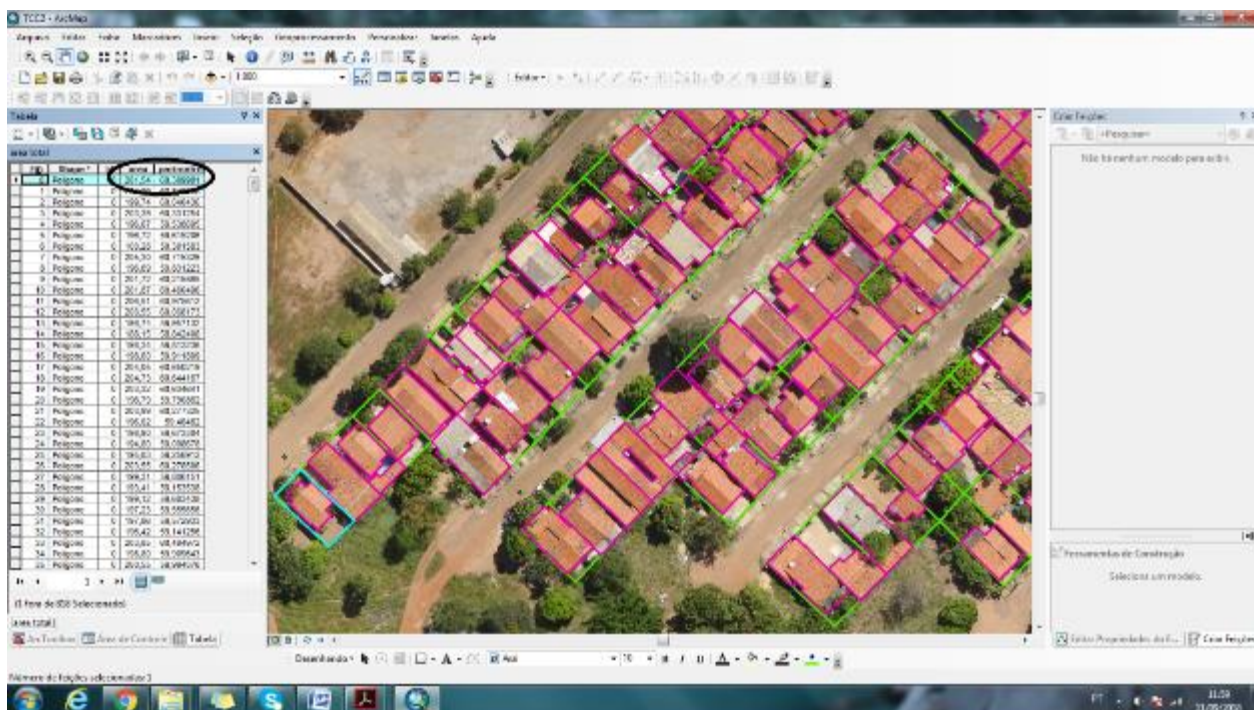


Figura 5. Tabela de atributos da plataforma ArcGis. Fonte: AUTOR, (2018).

Na Figura 6, é apresentado o resultado final da vetorização de todos os lotes murados na quadra.

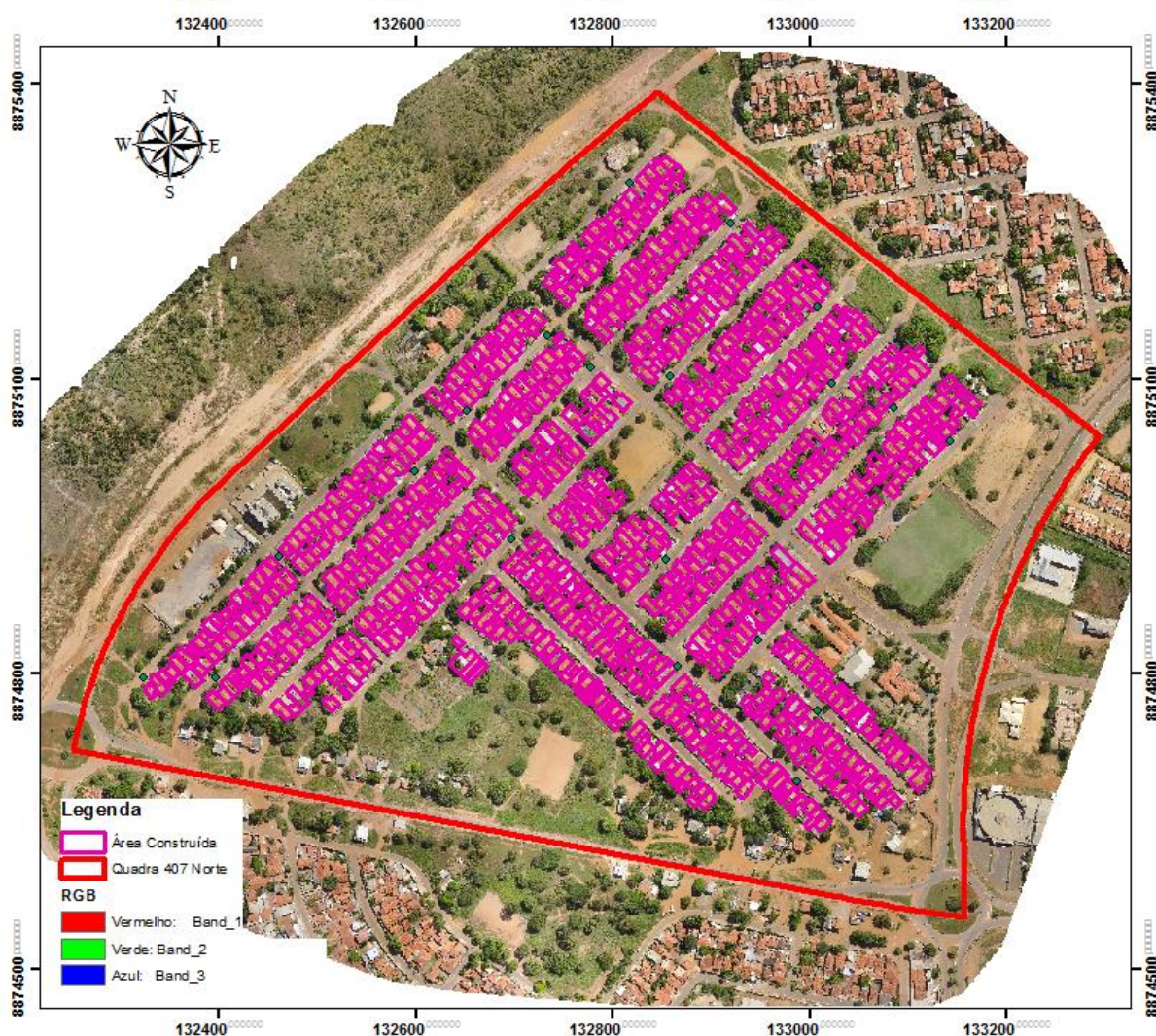


Figura 6. Mosaico com as áreas totais na quadra 407 Norte. **Fonte:** AUTOR, (2018).

Na Figura 7, é apresentado mapa temático contendo a área construída dos lotes vetorizados na quadra, o procedimento foi análogo a vetorização da área total dos lotes, por intermédio da plataforma do ArcGis 10.2.2.

Figura 7. Vetorização de atributos da plataforma ArcGis. **Fonte:** AUTOR, (2018).

Apesar da alta taxa de sobreposição de imagens, observada no mapa de sobreposição de imagens gerado (figura 8), em que as áreas verdes indicam uma

sobreposição de mais de 5 imagens para cada pixel, foram observadas distorções geométricas, que foram potencializadas por se tratar da vetorização de polígonos com a geometria bem definida, compostos de vértices e arestas.

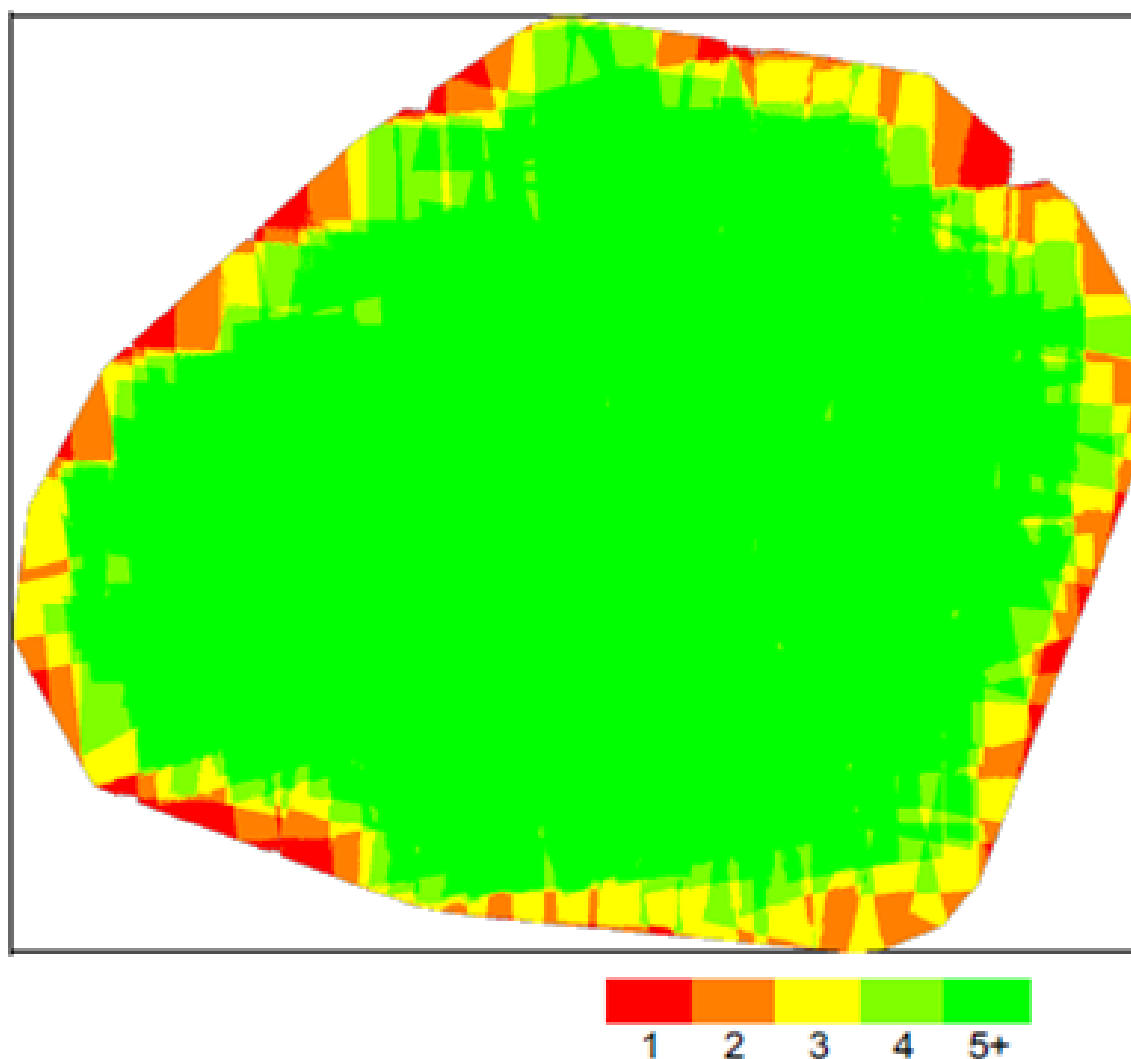


Figura 8. Número de imagens sobrepostas calculadas para cada pixel do ortomosaico.

Fonte: AUTOR, (2018).

Além da sobreposição de imagens, resultados de qualidade são gerados, desde que o número de correspondências de pontos-chave também seja suficiente para essas áreas. Conforme pode ser verificado na Figura 9, nota-se uma grande variação de tons de cinza, sendo que a escuridão dos links indica o número de “pontos-chave” entre as imagens, links brilhantes indicam links fracos e exigem pontos de empate manuais ou mais imagens, justificando a existência de distorções na imagem.

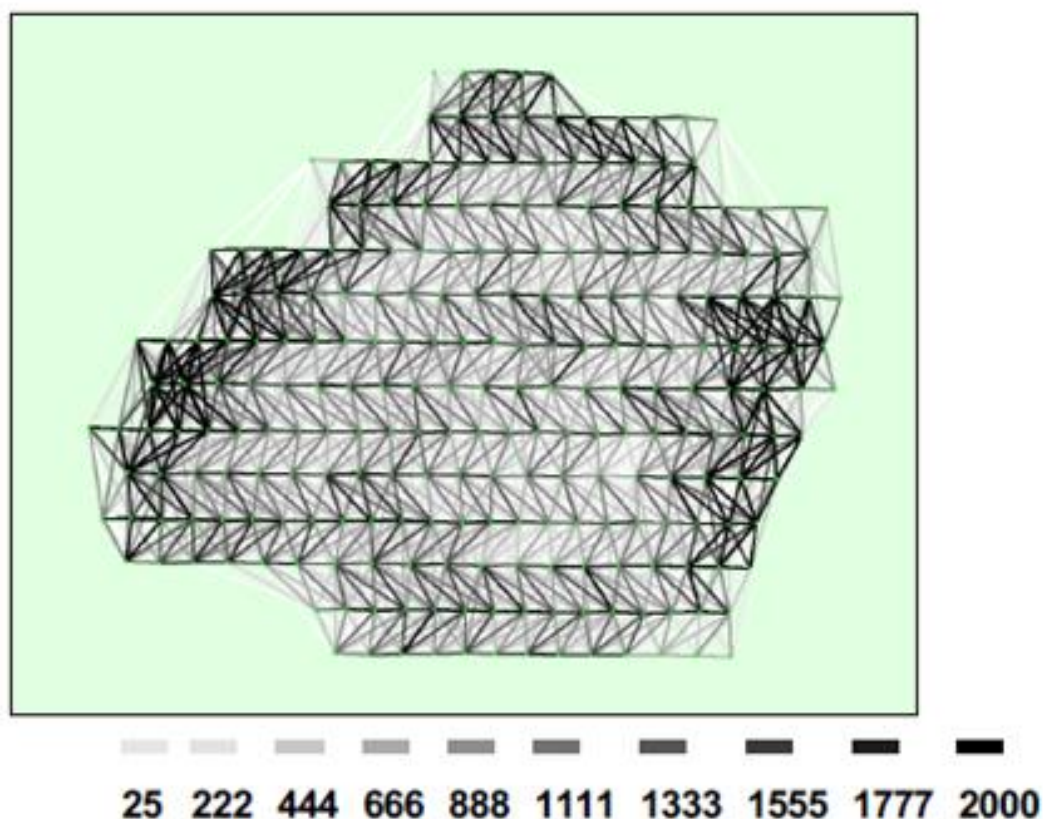


Figura 9. Número de combinações correspondentes entre as imagens. **Fonte:** AUTOR, (2018).

Alguns pontos apresentam imagens inclinadas, gerando muro inclinado e sombreamento, dificultando a precisão. Também foi possível notar sombreamento causado pela diferença de nível entre as edificações, uma hipótese para a inclinação das imagens e sombreamento é a posição do sol no horário dos voos, responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície, em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas.

Outro fator que dificultou a precisão das medidas foi a existência de muitas espécies arbóreas, cujas copas de árvores cobriam os limites dos lotes e as edificações, figura 10.



Figura 10. Distorções em vértices e arestas das edificações, sombreamento por diferença de altura e copa de árvore e construção anexa. **Fonte:** AUTOR, (2018).

A figura 11 apresenta algumas dificuldades encontradas, tais como a existência de edificações com anexo dentro do mesmo lote, situação corriqueira em loteamentos antigos. Outro fator que dificultou a vetorização foi a existência de muros desalinhados e beiral que ultrapassa o limite do lote, a hipótese é de que as construções antigas foram feitas com menor rigor e tecnologia, bem como não seguimento das diretrizes do código de obras do município, facilitado pela falta de fiscalização dos órgãos públicos.



Figura 11. Muros desalinhados, construção anexa e beiral. **Fonte:** AUTOR, (2018).

Braz et al (2015, p. 275), afirma que deve ser levado em consideração que os mosaicos gerados pelo VANT no decorrer de seu processamento são automaticamente georreferenciados e corrigidos geometricamente pelo software responsável, gerando uma imagem final da área sobrevoada, sendo atribuído a esta imagem pontos de referência com coordenadas e projeção cartográfica. Sendo o processo da geração do mosaico, coleta automática de pontos de VANT, georreferenciamento e correções nas imagens realizado automaticamente pelo software de processamento, o que otimiza o tempo de coleta de pontos de controle em campo, além de suprir algumas horas de trabalho que seriam utilizadas para a distribuição de alvos e levantamentos de pontos conhecidos em campo, além do georreferenciamento manual destas imagens.

No entanto, de acordo com Parente (2016, p.68), produtos gerados sem pontos notáveis de campo apresentam uma diferença na precisão planimétrica da imagem quando comparada às imagens geradas com inserção de pontos de controle obtidos com GPS geodésico. Contudo, apesar de apresentar distorções no produto final, as distorções observadas não foram significativas no processo de vetorização dos imóveis, permitindo com sucesso o levantamento dos dados.

Análise da vetorização das edificações dos produtos obtidos com o VANT

Como já mencionado anteriormente, as edificações foram vetorizadas de forma a extrair as seguintes diretrizes: área do terreno, área ocupada pela construção, perímetro do terreno, perímetro da construção e recuos do terreno, o que possibilitou a análise da taxa de ocupação do solo pré-estabelecida pelo Código Municipal de Obras e Lei N° 386, de 17 de fevereiro de 1993 que dispõe sobre a divisão da Área Urbana da Sede do Município de Palmas em Zonas de Uso e dá outras providências.

A região é classificada como a Área Residencial (AR), para a Habitação Unifamiliar os usos admitidos são os seguintes: a) Habitação Singular; b) Habitação Geminada; c) Habitação Seriada.

Foram identificadas 816 edificações, a fim de chegar a conclusão do quão relevante seria a aplicação da ferramenta VANT no processo de compatibilidade e adequação das edificações da região. A tabela 1 apresenta o resultado da compatibilização das edificações referentes a taxa de ocupação do solo e de permeabilidade. De acordo com o Código Municipal de Obras, a taxa máxima de ocupação para as áreas residenciais (AR) é de 60% (sessenta por cento) do lote, respeitando os afastamentos mínimos obrigatórios e o índice de permeabilidade do solo de 25% (vinte e cinco por cento).

Tabela 1. Dados de Taxa de Ocupação do Solo e de Permeabilidade.

Quant. De Edificações	Taxa de Máxima Ocupação do Solo (<=60%)	Taxa de Ocupação do Solo (>60%)	Taxa de permeabilidade (>=25%)	Taxa de permeabilidade (<25%)
816	307	509	550	266

Fonte: Autor, (2018).

Conforme apresentado na Tabela 1, foram identificadas 307 edificações que atenderam a taxa de ocupação máxima definida pelo Código Municipal de Obras, o que representa aproximadamente 37,58% das edificações totais. O fato de mais de 62% das edificações apresentarem taxa de ocupação superior ao permitido por lei se deve principalmente ao processo de ocupação desordenado da quadra, de maneira regular e irregular e sem a implementação do código de obras integrado. Nota-se também que apesar da alta taxa de edificações irregulares, 67,32% das edificações atenderam a taxa de permeabilidade mínima.

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes aos afastamentos mínimos obrigatórios, sendo eles o afastamento de frente, de fundo e laterais. De acordo com o Código de Obras, são exigidos os seguintes afastamentos mínimos: Frente - 5,00, Fundo - 2,00 m, Laterais - 1,50 m em uma das laterais e nulo na outra. Sendo a distância mínima entre as edificações de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros). No caso de lotes menores ou iguais a 200,00 m² são exigidos os seguintes afastamentos mínimos: Frente - 3,00 m, Fundo - 2,00 m e Lateral – nulo. No caso de lote de esquina, o afastamento mínimo de frente exigido em relação a maior frente é de 2,5 m (dois metros e meio).

Tabela 2. Dados de recuos.

Recuo de Frente	Recuo de Fundo	Recuo de Lateral	Recuo entre edificações no mesmo lote
53	416	680	121

Fonte: Autor, (2018).

Analisando os dados da Tabela 2, nota-se que apenas 6,50% das edificações atenderam a exigência do recuo de frente, 50,98% atenderam ao recuo de fundo, aproximadamente 80,51% atenderam a exigência dos recuos de lateral e 83,33 % atenderam ao recuo entre as edificações. Foram identificadas 169 edificações com anexo, no qual 121 edificações, cerca de 71,60 % atenderam a exigência da Lei. Apesar da alta taxa de atendimento aos recuos, principalmente o lateral, apenas 350 edificações, representando 42,89 %, atenderam a todos os afastamentos mínimos obrigatórios. Ao comparar os resultados da Tabela 1 e da Tabela 2, temos que 215 edificações, aproximadamente 26,35%, atenderam a todas as diretrizes pré-estabelecidas pelo Código de Obras.

Destaca-se que a geração de informações geométricas úteis por meio do sensoriamento remoto por VANTs para identificação compatibilização e adequação de edificações ao código de obras se mostra viável tecnicamente e economicamente, tendo alcançado o objetivo de produzir imagens com melhores resoluções a um baixo custo, de forma programada e sem a interferência do recobrimento de nuvens.

Tomando o fator tempo para a compatibilização e adequação das edificações, o que se percebe é que ele pode ser reduzido. Esta redução do tempo está vinculada a quão difícil seria a obtenção desses dados sem a as imagens aéreas. No entanto, deve ser repetido que a compatibilização e adequação das edificações não devem depender da obtenção das imagens, pois há casos que a avaliação in loco é muito mais rápida e eficiente. Entretanto, conforme maiores e mais dispersas as áreas avaliadas, maior a aplicabilidade das imagens obtidas e maior economia de tempo poderão trazer nesse processo. O uso dessas imagens pode ser justificado também se houver dificuldade no acesso, dentro ou fora do perímetro urbano.

ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA

O produto final do processamento das imagens resultou em um ortomosaico com boa resolução, que possibilitou as medições com precisão. A Figura 12 confronta a imagem obtida pela aeronave (esquerda) com a imagem obtida em campo de um trecho de via com pavimento asfáltico. O refinamento da resolução utilizada no processo de obtenção das imagens trouxe uma riqueza de detalhes que permitiu além da medição, a especificação do material e a existência de algumas patologias. Como pode ser observado também na Figura 12, ponto 10 a presença de desgaste, exsudação e buraco.



Figura 12. Imagem do ortomosaico e imagem de campo. **Fonte:** AUTOR, (2018).

De acordo com o código de obras do município, os itens referentes a área total são medidos em metro quadrado, onde são levantados os comprimentos dos trechos por largura dos lotes. Como não se adotou uma edificação em específico onde fossem apresentadas todas as medidas, foram levantados os comprimentos dos trechos previamente estabelecidos. Procurando obter a acurácia das medidas extraídas do mosaico, estas também foram comparadas com as dimensões levantadas em campo (dados reais). A Tabela 3 apresenta os comprimentos de 10 trechos em ruas e avenidas obtidos por meio do levantamento em mosaico e em campo. Percebe-se que as variações são relativamente pequenas, como por exemplo, no ponto 6, a medida extraída por meio do ortomosaico foi 7,80 m e a medida em campo de 7,83m, apresentando desvio de 3,0 cm, a maior variação dentre os trechos levantados.

Tabela 3. Dados de medição de travessias de vias.

Nº	Comprimento Ortomosaico (m)	Comprimento Campo (m)	Variação (m)	Diferença Individual (%)
1	9,93	9,96	-0,03	0,30
2	5,97	6,00	-0,03	0,50
3	7,36	7,38	-0,02	0,27
4	8,08	8,10	-0,02	0,25
5	8,00	8,02	-0,02	0,25
6	7,80	7,83	-0,03	0,38
7	8,12	8,15	-0,03	0,37

8	7,80	7,83	-0,03	0,38
9	7,99	8,02	-0,03	0,37
10	7,96	7,99	-0,03	0,38

Fonte: Autor, (2018).

Continuação

A Tabela 4 apresenta as medidas lineares obtidas em trecho de passeio, onde também se obteve precisões consideráveis, com variação de 0,0 cm.

Tabela 4. Dados de medição dos passeios.

Nº	Comprimento Ortomosaico (m)	Comprimento Campo (m)	Variação (m)	Diferença Individual (%)
A	2,93	2,95	-0,02	0,68
B	2,80	2,80	0,00	--
C	2,70	2,72	-0,02	0,74
D	3,05	3,08	-0,03	0,97
E	2,90	2,90	0,00	--
F	2,50	2,52	-0,02	0,79
G	2,77	2,80	-0,03	1,07
H	2,86	2,87	-0,01	0,35
I	2,92	2,94	-0,02	0,68
J	2,70	2,73	-0,03	1,10

Fonte: Autor, (2018).

Ao comparar os dados de travessias e de passeios, percebe-se que a variação máxima entre os dados de passeio e travessias em pavimento foi igual, da ordem de 3,0 cm, no entanto, essas variações individuais obtidas podem ter sido ocasionadas pela projeção da sombra de obstáculos, o que dificultou o levantamento das medidas em alguns pontos no mosaico. Em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas, ou seja, a posição do sol no horário dos voos é responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície. Como forma de coibir tais interferências, pode-se planejar voos com maior sobreposição do trajeto e em horários entre as 10h e 11h da manhã. No entanto, mesmo diante das dificuldades encontradas, pode-se observar que a variação percentual individual não ultrapassou 1,1% em ambas as situações, o que atesta o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado no levantamento dos quantitativos e, conseqüentemente, no processo de compatibilização e adequação das edificações ao código de obras da cidade de Palmas - TO.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A obtenção de imagens da superfície terrestre a partir da ferramenta VANT utilizada nessa pesquisa traz inovação, agrega agilidade e precisão, além da possibilidade da análise à distância. Além disso, estabelece novos padrões em termos de resolução temporal e espacial, tendo em vista que oferece a possibilidade de uma revisita rápida para a obtenção de maior nível de detalhamento da área imageada, possibilitando o esclarecimento de incertezas na fase de vetorização.

Na avaliação visual das imagens obtidas pelo sensor, RGB, observou-se grande riqueza de informações, o que facilitou a vetorização das edificações. No que se refere a vetorização das edificações, enquanto no método tradicional o projetista deve mensurar objeto por objeto, percorrendo toda extensão da quadra, a tecnologia VANT permite a extração dos quantitativos de forma ágil após a geração do mosaico, tendo alcançado o objetivo de produzir imagens com melhores resoluções a um baixo custo, de forma programada e sem a interferência do recobrimento de nuvens, confirmando a sua viabilidade técnica e econômica.

No que se refere ao levantamento dos comprimentos dos trechos, observou-se que existe uma diferença pouco significativa em termos percentuais entre os dados levantados nos mosaicos gerados e os levantados em campo. Além disso, os levantamentos por meio do mosaico gerado demonstraram ser rápidos.

A metodologia mostrou-se, portanto, promissora, por apresentar resultados rápidos e precisos, podendo ser utilizada como subsídio no processo de compatibilização e adequação de edificações da região norte de Palmas – TO ao código de obras.

Além disso, as novas tecnologias empregadas para fins de mapeamento, no que diz respeito a produtos obtidos com VANT podem auxiliar na manutenção e atualização de bases cadastrais de referência para representar novas edificações em uma determinada área de estudo em curto período de tempo.

Contudo, a ferramenta utilizada aqui não visa substituir a metodologia convencional utilizada e sim agregar novas informações ao método hoje empregado, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas em momento oportuno, possibilitando o esclarecimento de incertezas presentes na fase de compatibilização e adequação dessas edificações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. C. *Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários*. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2014. 149 f.

ARCGIS. *ArcGIS: Software – Versão 10.2.2*. 2017. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acessado em 06 de Agosto de 2018.

BARROS, E. R. O.; MAFRA F. F. H. M. G.; ANDRADE, M. de O.; SATO, S. S. *As potencialidades e limitações do uso do VANT no monitoramento de faixas de domínio de rodovias federais*. Dissertação de Mestrado Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal De Pernambuco. Recife, PE, 2017. 5 f.

BRAZ, A. M. et al. Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. João Pessoa. *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015. p 2751-2758.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. *Sistema de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro*. ICA 100-40. Rio de Janeiro, 2015.

DINIZ, M. I. L. et al. Código de obras: um estudo da ferramenta para reter os impactos ambientais causados pelas cidades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, João Pessoa, 2015. *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. João Pessoa: UFPB, 2015. P. 140-146.

GIUFFRIDA, F. Property Drone Consortium. *Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment*. 2015. Disponível em: <<http://propertydrone.org/wp-content/uploads/2017/01/Potential-Uses-and-Considerations-Regarding-the-use-of-UAS-Technology-in-Assessment-c.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO URBANO DE PALMAS. *Revisão Do Plano Diretor Participativo De Palmas – Modelo Espacial*. Palmas, TO, 2017, 216 p.

LIMA, D. et al. A utilização de VANT (drone) para fins de regularização fundiária urbana de interesse social. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA, Foz do Iguaçu. 2016. *Anais do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. Foz do Iguaçu. Rafain Palace Hotel & Convention Center. 2016. p. 1-5.

MELO, R. R. S. de. *Diretrizes para inspeção de segurança em canteiros de obra por meio de imageamento com veículo aéreo não tripulado (VANT)*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Escola Politécnica Programa De Pós-Graduação Em Engenharia Civil. Universidade Federal Da Salvador, Salvador – Ba, 2016, 160 p.

MICROSOFT EXCEL. *Microsoft excel – Versão 5.0*. 2010. Disponível em: <[http://https://www.baixaki.com.br/download/excel-para-windows-10.htm](https://www.baixaki.com.br/download/excel-para-windows-10.htm)>. Acessado em 06 de Setembro de 2018.

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PIKANÇO, A. P. Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico. *Revista Alconpat*, 2017, v. 7, n. 2, p. 160-171.

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PIKANÇO, A.P. *Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados*. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, Palmas - TO, 2016, 68 f.

SOUSA, H. L. de. Sensoriamento Remoto com VANTs: uma nova possibilidade para a aquisição de geoinformações. *Revista Brasileira de Geomática*, Curitiba - PR, 2017.. v. 5, n. 3, p. 326-342.