



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

Jayson da Cunha Montelo Monteiro

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM ÀS DIRETRIZES DE PROJETO: ESTUDO DE CASO – POR MEIO DE IMAGEAMENTO AÉREO

Palmas – TO

2020

Jayson da Cunha Montelo Monteiro

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM ÀS
DIRETRIZES DE PROJETO: ESTUDO DE CASO – POR MEIO DE IMAGEAMENTO
AÉREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e. Dênis Cardoso Parente.

Palmas – TO

2020

Jayson da Cunha Montelo Monteiro

ESTUDO DE COMPATIBILIDADE E ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM ÀS
DIRETRIZES DE PROJETO: ESTUDO DE CASO – POR MEIO DE IMAGEAMENTO
AÉREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M.e Dênis Cardoso Parente.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Dênis Cardoso Parente

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e

Avaliador 1

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof. M.e

Avaliador 2

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

Dedico este trabalho aos meus pais Araguay Montelo Maranhão Monteiro e Ana Maria da Cunha Monteiro, por serem meu raio de sol, minha inspiração.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que me deu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os desafios.

Agradeço a todos que torcem por mim. Especialmente àqueles que me acompanharam durante esses anos especiais de minha vida, entendendo a falta de tempo, os dias difíceis e colaborando com o meu sucesso.

Agradeço a meus pais e irmãos, pelo amor, paciência e estímulo neste difícil e gratificante período.

Agradeço a todos os professores do curso de Engenharia Civil, pelo conhecimento passado e pela motivação. Professores fascinantes, que ensinam os alunos não só para a profissão, ensinam para a vida.

Agradeço em especial ao professor Dênis Cardoso Parente, pela disponibilidade, paciência e dedicação na orientação do presente estudo. Uma grande inspiração como pessoa e como profissional.

Agradeço a minha namorada Hyara Nogueira, por todo apoio, carinho e incentivo.

Agradeço aos vários amigos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho, especialmente ao Daniel Cerqueira, pela confiança e motivação.

Obrigado a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa e para o Jayson que sou hoje.

“Que todo meu ser louve ao senhor, e que eu não esqueça nenhuma das suas bênçãos”
Salmos 103:2..

O engenheiro, por sua vez, fala pouco porque tem receio de emitir uma afirmação que não possa provar, enquanto os opositores criam factoides e parecem saber mais, ainda que estejam mentindo. O engenheiro não mente.

Francisco Luiz Sibut Gomide

RESUMO

MONTELO, Jayson da Cunha. **Estudo de compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto: estudo de caso – por meio de imageamento aéreo.** 2020. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a confiabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) na compatibilização e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto. Como ferramenta foi utilizado um VANT, softwares para plano de voo e processamento de imagens. A área de estudo escolhida são as quadras 404 sul, 504 sul e 1503 sul, localizadas no município de Palmas - TO. Com metodologia que permite atestar a potencialidade dos produtos gerados em termos de fotointerpretação, precisões geométricas e geográficas, serão feitos sobrevoo e medições em campo. Através das imagens aéreas obtidas, foi gerado um ortomosaico. A partir do ortomosaico, identificou-se diretrizes pré-estabelecidas e posteriormente comparadas com as diretrizes estabelecidas pela literatura de projeto de drenagem. 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 do sistema de drenagem, 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, cabe destacar que as condições de voo e a presença de sombra podem interferir na qualidade das imagens geradas.

Palavras-chave: Veículo Aéreo não Tripulado (VANT). Ortomosaico. Sistema de Drenagem. Diretrizes de projeto.

ABSTRACT

MONTELO, Jayson da Cunha. **Study of compatibility and adequacy of the drainage system to the design guidelines: case study - by means of aerial imaging.** 2020. 51 f. Course Conclusion Paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas / TO.

This work aims to analyze the reliability of the use of unmanned aerial vehicle (UAV) in the compatibility and adequacy of the drainage system to the design guidelines. As a tool, a UAV was used, software for flight plan and image processing. The study area chosen is blocks 404 south, 504 south and 1503 south, located in the municipality of Palmas - TO. With a methodology that allows attesting the potential of the products generated in terms of photointerpretation, geometrical and geographical precision, overflights and field measurements will be made. Through the aerial images obtained, an orthomosaic was generated. From the orthomosaic, pre-established guidelines were identified and later compared with the guidelines established by the drainage design literature. The results found show that the aerial images obtained and the generated orthomosaic can help reliably, quickly and safely in the process of compatibility and adequacy of the drainage system, attesting that the UAV platform and the sensors that can be coupled to them can serve properly as technology in the proposed study. Even presenting high potential and accuracy in the survey of the quantitative of the surfaces, it is worth mentioning that the flight conditions and the presence of shadow can interfere with the quality of the images generated.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Orthomosaic. Drainage system. Design guidelines.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área de estudo.....	29
Figura 2. VANT modelo eBee.....	30
Figura 3. Base do eBee	31
Figura 4. Boca-de-lobo combinada (sem depressão).	34
Figura 5. Cobertura e ocupação do solo da quadra 404 sul, plataforma ArcGis.....	36
Figura 6. Mosaico com áreas de contribuição 1 na quadra 404 Sul.....	38
Figura 7. Mosaico com áreas de contribuição 2 na quadra 404 Sul.....	38
Figura 8. Mosaico com áreas de contribuição 3 na quadra 404 Sul.....	39
Figura 9. Mosaico com áreas de contribuição 4 na quadra 404 Sul.....	39
Figura 10. Boca-de-lobo combinada identificada na quadra 404 sul.....	41
Figura 11. Saídas de água da 504 sul.	42
Figura 12. Posicionamento das bocas-de-lobo 1503 sul..	43
Figura 13. Posicionamento correto da boca-de-lobo.....	44
Figura 14. escoamento sentido contrário da afluência.....	44
Figura 15. Imagem do ortomosaico e imagem de campo.....	47

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Dados para vazão de descarga.**Erro! Indicador não definido.**
- Tabela 2- Valor das vazões de descarga.....**Erro! Indicador não definido.0**
- Tabela 3- Valor de vazão excedido.**Erro! Indicador não definido.**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
CPA	Aeronave Convencionalmente Pilotada
CAVE	Certificado de Autorização de Voo Experimental
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CINDACTA	Centros Integrados de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
IMPUP	Instituto Municipal de Planejamento Urbano Palmas
NOTAM	NoticeToAirmen
RAB	Registro Aeronáutico Brasileiro
RPAS	Aeronaves Remotamente Pilotadas
UAS	Sistema de Aeronaves não Tripuladas
ULBRA	Universidade Luterana do Brasil
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado

LISTA DE SIMBOLOS

cm	Centímetro
g	Gramas
ha	Hectares
kg	Quilos
m	Metros

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	14
1.2 HIPÓTESE	15
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
3. METODOLOGIA.....	28
3.1 ÁREA DE ESTUDO	28
3.2 MATERIAIS	30
3.2.1 VANT eBee softwares para voo e processamento de imagens	30
3.2.2 Base	31
3.2.3 Dispositivo de captação de imagem (câmeras).....	32
3.3 PROCEDIMENTOS.....	32
3.3.1 Planejamento e trajetória do voo	32
3.3.2 Aquisição de imagens	33
3.3.3 Montagem do ortomosaico	33
3.3.4 Levantamento de dados em campo.....	33
4. RESULTADO E DISCUSSÕES.....	34
4.1 ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO.....	34
4.2 QUALIDADE DO ORTOMOSAICO GERADO.....	35
4.2.1 ESTUDO DA QUADRA 404 SUL.....	37
4.2.2 ESTUDO DA QUADRA 504 SUL.....	41
4.2.3 ESTUDO DA QUADRA 1503 SUL.....	43
4.3 ANÁLISE DA VETORIZAÇÃO DOS COMPONENTES DE DRENAGEM URBANA OBTIDOS COM O VANT.....	45
4.4 ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA.....	46
5. CONCLUSÃO.....	48
6. REFERÊNCIAS.....	49

1.INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Municipal De Planejamento Urbano De Palmas – IMPUP (2017), 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 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.

Diniz *et al.* (2015) 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.

Segundo Bidone e Tucci. (1995) as águas, ao caírem nas áreas urbanas, escoam, inicialmente, pelos terrenos até chegarem às ruas. Sendo as ruas abauladas (declividade transversal) e tendo inclinação longitudinal, as águas escoarão, rapidamente, para as sarjetas e, destas, ruas abaixo.

Nesse contexto, o processo de compatibilidade e adequação do sistema de drenagem 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), 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 aerolevantamento.

De acordo com o DECEA (2015), 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 aerolevante 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).

Segundo Melo (2016), 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); identificação de patologias em pavimento asfáltico (PARENTE *et al.*, 2017); inspeção de canteiros de obras (MELO, 2016); mapeamento de projetos viários (ALMEIDA, 2014).

Conforme Guiffrida (2015), 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.

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 do sistema de drenagem no município de Palmas – TO.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O crescimento urbano desordenado no município de Palmas está presente no território desde o início do seu processo de implantação e entende-se como um dos grandes problemas a serem vencidos (IMPUP, 2017).

Ao longo dos anos, o processo de ocupação apresentou um forte crescimento periférico marcado pelo surgimento de bairros, setores, entre outros, de maneira regular e irregular, propiciando uma distribuição fragmentada e descontínua do solo urbano (IMPUP, 2017).

Essa ocupação desordenada se estendeu e trouxe maiores gastos aos setores públicos devido à instalação de infraestrutura parcial, como por exemplo a drenagem urbana, onde houve transferência do problema de drenagem de uma área ocupada para uma área não ocupada. Dessa forma, qual a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto do município?

1.2 HIPÓTESE

O uso do imageamento aéreo na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto apresenta grande potencial devido à rápida aquisição de dados com grande detalhamento e com menor custo, podendo acessar locais de difícil acesso, sendo ferramenta importante tanto para o processo de regularização como no processo de fiscalização dos componentes do sistema de drenagem.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Estudar a aplicabilidade de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT) no processo de verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto da cidade de Palmas - TO.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Gerar ortomosaico de algumas quadras situadas em Palmas por meio de sobreposições de imagens RGB obtidas por VANT;
- Confrontar os produtos levantados no ortomosaico com as diretrizes de projeto de drenagem estabelecidas na literatura;
- Discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto.

1.4 JUSTIFICATIVA

O processo de ocupação urbana de Palmas ultrapassou o que havia sido projetado. De acordo com Bessa (2017), a área foi macroparcelada em quatro setores – Nordeste (NE), Sudeste (SE), Noroeste (NO) e Sudoeste (SO) e foi alvo de ocupações por famílias de imigrantes que vieram para trabalhar na construção da cidade.

Segundo o IMPUP (2017), 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.

Além disso, o processo de urbanização gerou problemas ao criar grandes áreas impermeáveis nos centros urbanos, dificultando a infiltração natural, aumentando o escoamento das águas pluviais e gerando sérios problemas no meio urbano, as inundações.

De acordo como IMPUP (2017), em 2012 já se identificavam loteamentos clandestinos fora do perímetro urbano definido em lei, mas com uma baixa ocupação. Não há no município a frequência de novas ocupações de áreas públicas, mas existe a necessidade de definição da política pública para as áreas já ocupadas.

É neste contexto, com a identificação dos problemas do crescimento desordenado, a ausência de gestão planejada, notadamente dos serviços de drenagem e a sua dimensão e relevância para a sustentabilidade do ambiente urbano.

Na visão de Prestes (2006), com a fixação do dever de planejar a vida urbana, houve o fortalecimento da gestão ambiental dos municípios e, acrescenta que “não é mais possível simplesmente adotar medidas restritivas de reduzida eficácia sem apontar caminhos para os problemas urbanos. O processo de planejamento ambiental precisa contemplar as necessidades vitais da cidade, e não somente o ambiente natural”.

Para tal, novas tecnologias são imprescindíveis para facilitar as atividades de regularização e tornar os processos mais eficientes, coibindo tal prática e garantindo qualidade de vida. A evolução contínua das plataformas de VANTs tem possibilitado a utilização desta tecnologia em diversas aplicações, tais como: agricultura, pecuária, monitoramento de desastres naturais e acidentes com cargas perigosas, vigilância de trânsito, projetos viários, inspeção de canteiros de obras, além dos diferentes domínios da engenharia civil. Sousa (2017), 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.

Desse modo, o estudo de compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto trata-se de um bom campo para que seja realizado um estudo de aplicabilidade de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT), sendo este um estudo de caráter metodológico exploratório-descritivo e qualitativo, além de contribuir para trabalhos futuros executados a partir do levantamento com VANT.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, são apresentados a definição e o objetivo do sistema de drenagem urbana, bem como as diretrizes escolhidas para este estudo. São apresentadas também as características, componentes e diferentes aplicações do VANT.

2.1 SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

A drenagem urbana faz parte do gerenciamento do espaço urbano e se realiza com observância ao plano diretor urbano (PDU), cuja exigência está regulamentada no Estatuto das Cidades e na Lei de Saneamento Básico nº 11.445/2007.

De acordo com o TUCCI (2005), A drenagem urbana consiste na rede de coleta da água (e de resíduos sólidos), que se origina da precipitação sobre as superfícies urbanas, e no seu tratamento e no retorno aos rios.

O plano diretor de drenagem urbana, segundo TUCCI (1997), tem o objetivo de “planejar a distribuição da água no tempo e no espaço, controlar a ocupações das áreas de riscos de inundações e convivência com enchentes em áreas de baixo risco”.

2.1.1 Diretrizes estabelecidas no processo de compatibilização e adequação ao sistema de drenagem

Para este estudo, as diretrizes estabelecidas para avaliação da potencialidade do uso do imageamento aéreo na compatibilização e adequação do sistema de drenagem foram:

1. Galeria: canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações privadas.

2. Poço de Visita: dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações.
 - os poços de visita devem atender às mudanças de direção, de diâmetro e de declividade à ligação das bocas-de-lobo, ao entroncamento dos diversos trechos e ao afastamento máximo admissível.
3. Trecho: porção de galeria situada entre dois poços de visita.
4. Bocas-de-lobo: dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais.
 - as bocas-de-lobo devem ser localizadas de maneira a conduzirem, adequadamente, as vazões superficiais para as galerias. Nos pontos mais baixos do sistema viário, deverão ser, necessariamente, colocadas bocas-de-lobo com vistas a se evitar a criação de zonas mortas com alagamentos e águas paradas.
5. Tubos de ligações: são canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou para os poços de visita.
6. Meios-Fios: elementos de pedra ou concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.
7. Sarjetas: faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam.
8. Sarjetões: calhas localizadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas.
9. Conduitos forçados: obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas, de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal dos condutos.
10. Estações de bombeamento: conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem, quando não mais houver condição de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

2.1.2 Disposição dos componentes

1. Traçado preliminar - através de critérios usuais de drenagem urbana, devem ser estudados diversos traçados da rede de galerias, considerando-se os dados topográficos existentes e o pré-dimensionamento hidrológico e hidráulico. A definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto, de especificação de materiais, etc.

Esse trabalho deve-se desenvolver simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas, ao sistema de drenagem, restrições que levam sempre a maiores custos. O sistema de galerias deve ser planejado de forma homogênea, proporcionando, a todas as áreas, condições adequadas de drenagem.

2. Coletores - existem duas hipóteses para a locação da rede coletora águas pluviais: (i) sob a guia (meio-fio) e (ii) a mais utilizada, sob eixo da via pública. O recobrimento mínimo deve ser de 1,0 m sobre a geratriz superior do tubo. Além disso, deve possibilitar a ligação das canalizações de escoamento (recobrimento mínimo de 0,60m) das bocas-de-lobo.
3. Bocas-de-Lobo - a locação das bocas-de-lobo deve considerar as seguintes recomendações:
 - serão locadas em ambos os lados da rua, quando a saturação da sarjeta assim o exigir ou quando forem ultrapassadas as suas capacidades de engolimento;
 - serão locadas nos pontos baixos da quadra;
 - recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60m entre as bocas-de-lobo, caso não seja analisada a capacidade de escoamento da sarjeta;
 - a melhor solução para a instalação de bocas-de-lobo é que esta seja feita em pontos pouco a montante de cada faixa de cruzamento usada pelos pedestres, junto às esquinas;
 - não é conveniente a sua localização junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes, pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo.

4. Poços de visita e de queda - o poço de visita tem a função primordial de permitir o acesso às canalizações para limpeza e inspeção, de modo que se possam mantê-las em bom estado de funcionamento.

Sua locação é sugerida nos pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas (reunião de vários coletores), mudanças de declividade e mudança de diâmetro.

5. Caixa de ligação - as caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar-se a chegada, em um mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, dele diferenciam-se por não serem visitáveis.

2.2 VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

De acordo com a ANAC (2012), o Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT é uma aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos.

A ANAC (2017) comenta que o termo “drone” é utilizado popularmente para descrever qualquer aeronave que possua alto grau de automatismo. Todavia, a regulamentação da Agência não utiliza essa nomenclatura, mas sim “aeromodelos” e “aeronaves remotamente pilotadas” (RPA). O que diferencia essas duas categorias é a sua finalidade, sendo o aeromodelo considerado toda aeronave não tripulada com finalidade recreativa, enquanto a Aeronave Remotamente Pilotada, toda aeronave não tripulada com finalidade não recreativa.

Para Tatum e Liu (2017), um sistema de aeronave não tripulada (UAS), muitas vezes referido como drone, é um sistema de aeronave que é pilotado por um piloto no chão. O sistema inclui o próprio VANT, bem como o sistema de controle, que é feito por equipamentos de solo e satélite, links de comunicação e um operador, os quais são necessários para operar a aeronave de maneira efetiva e segura.

Até recentemente, os veículos aéreos não tripulados (VANTs) ou drones eram desenvolvidos principalmente para fins militares. Esses sistemas eram aeronaves ou helicópteros controlados remotamente. Eles foram equipados com sensores precisos para reconhecer o alinhamento e a posição da aeronave (Siebert e Teizer, 2014).

2.2.1 Classificação do VANT

Há uma grande variedade de formas, tamanhos, configurações e características de VANTs. Eles podem ser controlados de duas formas, alguns a partir de um local remoto que pode ser de milhares de quilômetros de distância, em outro continente, e outros que voam de forma autônoma com base de voos pré-programados, usando complexos sistemas de automação dinâmica. A maioria deles permite que pilotos possam alternar os controles manuais e autônomos conforme as conveniências (PEGORARO *et al.*, 2013).

De acordo com o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial –nº 94 publicado pela ANAC (2017), os VANTs de uso comercial, corporativo ou experimental foram categorizados em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento.

- **Classe 1 (acima de 150 kg)** –Prevê processo de certificação similar ao existente para as aeronaves tripuladas. E devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
- **Classe 2 (acima de 25 kg e abaixo de 150 kg)** – Estabelece os requisitos técnicos que devem ser observados pelos fabricantes e determina que a aprovação de projeto ocorrerá apenas uma vez. Também devem ser registrados no Registro Aeronáutico Brasileiro e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula.
- **Classe 3 (até 25 kg)** - Determina que operem além da linha de visada visual ou acima de 400 pés (120m). Devem ser de um projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registrados e identificados com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones dessa classe que operem em até 400 pés (120m) acima da linha do solo e em linha de visada não precisam ser de projeto autorizado, mas devem ser cadastrados na ANAC. Os drones com até 250g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua nacionalidade (uso recreativo ou não).

2.2.2 Características da plataforma VANT

Para Udin e Ahmad (2014), as demandas de aerolevanteamento aumentaram especialmente devido ao pequeno formato digital, o fato da plataforma oferecer vários modos de voo, como manual, semi-automatizado ou totalmente autônomo, ser fácil de construir e oferecer um preço acessível, comparado ao levantamento aéreo tripulado, além de maiores níveis de segurança.

De acordo com Parente (2016), os VANTs oferecem imagens em tempo real, podendo enviá-las à estação de base. Este procedimento permite avaliar a qualidade dos dados, e dessa forma efetuar novamente o procedimento para melhorar os resultados.

Segundo Siebert e Teizer (2014), a versatilidade e o baixo custo são algumas das principais características dessa ferramenta, pois os levantamentos oferecem a possibilidade de uma resolução temporal totalmente flexível, considerando que pode realizar vários voos em épocas diferentes na mesma área e são considerados mais baratos que aerolevantamentos por veículos aéreos tripulados. Além disso, é possível adquirir imagens aéreas com melhores resoluções espaciais, livre de interferência de obstáculos atmosféricos, como nebulosidade e gases. Sendo assim, obtêm-se imagens com alto grau de sobreposição, o que possibilita a visão tridimensional de objetos a partir de duas ou mais imagens planas tomadas de posições diferentes (estereoscopia).

Outra vantagem dos VANTs é a realização de voos em menores altitudes, acesso a áreas de difícil alcance ou que possam oferecer riscos, além de oferecer uma alta resolução temporal e espacial, velocidade de aquisição e transferência de dados, possibilidade de monitoramento ao longo dos anos através das imagens e facilidade de manobra das aeronaves.

2.2.3 Aplicações do VANT

De acordo com Udin e Ahmad (2014), os veículos aéreos não tripulados têm sido aplicados nas mais diversas áreas, como agricultura, vigilância, manutenção de estradas, gravação e documentação do patrimônio cultural.

Tatum e Liu (2017), afirmam que, atualmente, a maior aplicação do VANT é no ramo das indústrias de cinema e televisão, que se enquadra na categoria de fotografia aérea e vídeo. Logo em seguida as aplicações industriais, as quais incluem inspeção de infra-estrutura linear crítica, como oleodutos e gasodutos ou linhas de transmissão elétrica, inspeção de lâminas de turbinas eólicas com imagens de resolução superior. O setor imobiliário começou a explorar o uso de VANTs para realizar levantamentos aéreos e mapeamentos. Embora não seja o maior número de aplicações, o seu uso na agricultura de precisão está se tornando uma valiosa ferramenta para as fazendas. Os VANTs estão sendo usados para determinar se as culturas precisam ser regadas e quando e onde investir fertilizantes para aumentar os rendimentos das culturas e diminuir as despesas agrícolas.

Para Iescheck *et al.* (2016), a diversidade de plataformas disponíveis no mercado, a custos variados, expandiu o leque de aplicações para as áreas de agricultura, silvicultura,

mineração, monitoramento ambiental e de fronteiras e para a cartografia em geral. A flexibilidade da resolução temporal e a rapidez em executar um voo têm também a sua aplicação, em diversas regiões do mundo, no monitoramento de desastres e potenciais vítimas.

2.2.4 Componentes do sistema VANT

Conforme Austin (2010), um sistema VANT compreende uma série de elementos. Sendo eles: a estação de controle, a carga útil e a aeronave.

A estação de controle (ou estação central) geralmente possui base no chão, embora seja possível a bordo de um navio, ou no ar (em uma aeronave "mãe"). A base é o centro de controle da operação e a interface homem-máquina. É também onde as missões são pré-planejadas, quando, neste caso, pode ser conhecida como estação de planejamento e controle de missão. Com menos frequência, a missão pode ser planejada a partir de um centro de comando central e os dados da missão são enviados para a estação de controle para sua execução. A partir da estação de controle, os operadores "falam" com a aeronave através do sistema de comunicação de ligação ascendente para direcionar seu perfil de voo e para operar os vários tipos de "cargas úteis" que ele carrega.

Da mesma forma, através do link de comunicação a aeronave retorna informações e imagens aos operadores. As informações podem incluir dados das cargas úteis, informações de status nos subsistemas da aeronave (dados de manutenção) e informações de posição. O lançamento e a recuperação da aeronave podem ser controlados a partir da estação de controle principal ou de uma estação de controle de satélite (subsidiária). A estação de controle normalmente abriga os sistemas de comunicação com outros sistemas externos. Estes podem incluir meios de aquisição de dados meteorológicos, transferência de informações para outros sistemas da rede, tarefas de alta autoridade e relatórios de informações de volta a essa ou a outras autoridades.

De acordo com Austin (2010), o tipo e o desempenho das cargas úteis são conduzidos pelas necessidades da tarefa operacional. Estes podem variar de:

- (a) subsistemas relativamente simples consistindo em uma câmera de vídeo não estabilizada com uma lente fixa, com massa de até 200g, através de
- (b) um sistema de vídeo com maior capacidade de alcance, empregando uma lente de comprimento focal mais longo com facilidade de zoom, estabilizado em giroscópio e com função pan e tilt com uma massa de cerca de 3-4 kg, para (c) um radar de alta potência com uma massa e com suas fontes de alimentação, possivelmente de até 1000kg.

Alguns possuem uma combinação de diferentes tipos de sensores, dentro de um módulo de carga útil ou em uma série de módulos. Os dados desses vários sensores podem ser processados e integrados para fornecer informações aprimoradas ou informações que não podem ser obtidas usando um único tipo de sensor. Por exemplo, as imagens de uma câmera de vídeo colorida com visor óptico (luz), de uma câmera de imagem térmica (calor) e possivelmente de um sistema de varredura de radar podem ser fundidas. Assim, a imagem térmica e a imagem do radar podem adicionar informações escondidas na imagem óptica. A imagem de cor óptica irá adicionar discriminação, resolução e contraste não disponíveis a partir do contraste reduzido da imagem térmica ou na menor resolução da imagem do radar. Além disso, a redução do desempenho de um sensor em condições diferentes de luz ou atmosféricas de precipitação ou poluição pode ser compensada pelos sensores complementares. As imagens ou outros dados obtidos por esses sistemas são processados de modo que possam ser transmitidos via down-link para a estação de controle ou outro destino conforme apropriado.

Para Austin (2010), no que diz respeito à aeronave, o tipo de desempenho é determinado principalmente pelas necessidades da missão operacional. A principal tarefa da aeronave é transportar a carga útil da missão para o seu ponto de aplicação, mas também tem que carregar os subsistemas necessários para operá-lo. Esses subsistemas incluem o link de comunicação, o equipamento de estabilização e controle, o combustível, a energia elétrica e a estrutura e mecanismos básicos necessários para que a aeronave seja lançada, para realizar sua missão e para ser recuperada. Outros determinantes significativos no projeto da configuração da aeronave são o alcance operacional, velocidade e resistência exigidos pelo requisito da missão. O requisito de resistência e alcance determinará a carga de combustível a ser transportada. A obtenção de uma pequena carga de combustível e um desempenho maximizado exigirá um sistema de propulsão eficiente e uma aerodinâmica de ótima estrutura.

O requisito de velocidade determinará de forma mais fundamental se será usada uma aeronave mais leve ou uma configuração de aeronave conversível com asa rotativa ou, ainda, uma conversível mais pesada.

2.3 REGULAMENTAÇÃO AÉREA

Apesar de avanços em vários países no que tange a emendas e a leis regulatórias, sendo permitido o uso desse tipo de aeronaves, o que se tem atualmente é um espaço aéreo não compartilhado com as demais aeronaves. Se tratando do Brasil, de acordo com a FAB (2015),

o Departamento de Controle do Espaço Aéreo - DECEA, em consonância com outros órgãos, vem trabalhando a fim de possibilitar a inserção do VANT no espaço aéreo de forma segura e controlada, do mesmo modo que vem fazendo com as aeronaves tripuladas desde que estas começaram a voar no País.

Para Rodrigues (2015), a possibilidade de introdução do VANT em espaço aéreo não segregado ampliaria as oportunidades de exploração comercial, trazendo, conseqüentemente, mais pesquisa e desenvolvimento em um ciclo virtuoso.

Clothier *et al* (2015), apontam os principais riscos de segurança relacionados ao VANT: colisão entre o drone e uma aeronave convencionalmente pilotada (CPA) e falhas do drone em áreas povoadas, sendo a preocupação principal o potencial dano às pessoas a bordo de outras aeronaves e nos residentes das regiões atingidas.

Em concordância, Contrera *et al.* (2011), afirmam que as colisões aéreas com obstáculos ou aeronaves tripuladas geram preocupações sobre a forma de integração dessa nova tecnologia com o espaço aéreo conhecido atualmente, visto que elas podem provocar danos a propriedades, perda das aeronaves envolvidas, perda de vidas humanas nas aeronaves tripuladas atingidas e risco das pessoas no solo que venham a ser atingidas pelos destroços de um acidente. Sendo assim, a falta de capacidade *sense and avoid* obriga essas aeronaves a voar em espaço aéreo segregado.

2.3.1 Regulação da ANAC

De acordo com a FAB (2015), para a operação de um VANT deve ser solicitada à ANAC a expedição de um Certificado de Autorização de Voo Experimental (CAVE). O CAVE é o certificado de aeronavegabilidade que pode ser emitido para voo experimental, com os propósitos de pesquisa e desenvolvimento, treinamento de tripulações e/ou pesquisa de mercado, sendo expressamente proibido o uso para outros propósitos que não aqueles para os quais o certificado foi emitido, seja transportando pessoas ou bens com fins lucrativos.

A ANAC estabelece os requisitos para que seja emitido um CAVE para um VANT. De acordo com a Instrução Suplementar - IS Nº 21-002 da ANA (2012), o requerente deve fazer o requerimento junto à ANAC fornecendo todos os dados do RPAS, descrição da operação desejada, dos membros da equipe, manuais e programa de manutenção. A ANAC fará então uma avaliação de segurança e inspeção de aeronavegabilidade para deliberar pela emissão ou não do CAVE. O certificado possui validade de 1 ano, devendo nova solicitação ser feita após esse período, caso seja do interesse do operador. A ANAC ressalta que o mesmo pode ser

suspensão ou cancelado caso não sejam cumpridas as condições e limitações do CAVE ou caso a operação da aeronave se dê de forma negligente, descumprindo os regulamentos aéreos. É pré-requisito para emissão do CAVE a aeronave estar registrada no Registro Aeronáutico Brasileiro - RAB, bem como possuir marcas de matrícula, o que também é feito pelo RAB.

2.3.1 Regulação da DECEA

Em posse do CAVE, a operação do VANT estará condicionada à autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA.

De acordo com a FAB (2015) qualquer objeto que se desprenda do chão e seja capaz de se sustentar na atmosfera, com propósito diferente de recreação, está sujeito às regras de acesso ao espaço aéreo brasileiro. Desse modo, todo voo de Aeronaves Remotamente Pilotadas precisa de autorização do DECEA, assim como no caso das aeronaves tripuladas.

A solicitação de autorização de voo para o VANT deverá ser encaminhada ao DECEA, por meio do Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo - CINDACTA.

Com a finalidade de proporcionar um acesso ordenado e seguro dos VANTs ao espaço aéreo brasileiro, o DECEA (2010) define os requisitos para aprovação da solicitação:

- a) a operação de qualquer tipo de VANT não deverá aumentar o risco para pessoas e propriedades (no ar ou no solo);
- b) garantia de manter, pelo menos, o mesmo padrão de segurança exigido para as aeronaves tripuladas;
- c) a proibição do voo sobre cidades, povoados, lugares habitados ou sobre grupo de pessoas ao ar livre;
- d) os VANTs deverão se adequar às regras e sistemas existentes, e não receberão nenhum tratamento especial por parte dos Órgãos de Controle de Tráfego Aéreo;
- e) o voo só poderá ocorrer em espaço aéreo segregado, sendo proibida a operação em espaço aéreo compartilhado com aeronaves tripuladas;
- f) quando for utilizado aeródromo compartilhado para a operação do VANT, as operações devem ser paralisadas.

2.3.1 Regulamentação da ANAC

No Brasil, a ANAC aprovou, em maio de 2017, um regulamento especial para utilização de aeronaves não tripuladas, o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94. De acordo com a ANAC, objetivo é tornar viável a operação desses equipamentos, preservando a segurança das pessoas.

A normativa estabelece os requisitos mínimos e foi elaborada levando-se em conta o nível de complexidade, de risco envolvido nas operações e os tipos de equipamentos. A regulamentação abrange tanto o uso profissional das aeronaves – RPA - quanto o uso recreativo (aeromodelos).

Um importante ponto da regulamentação é a restrição de operação dos RPAS sobre áreas públicas. O normativo define ainda que a distância da aeronave não tripulada para as pessoas não envolvidas com a operação ou não anuentes não seja inferior a 30 metros. Porém, para anuentes e com a distância de 30 metros respeitada, o voo pode ser liberado desde que preencham todos os requisitos das normativas: do DECEA, ICA 100-40, ICA 100-12, ICA 100-17, da ANAC, RBAC-E 94. Estão previstas algumas exceções para a operação de voo por órgãos oficiais de governo, porém, ainda não está claro se órgãos rodoviários se enquadram nessa ressalva.

Conforme a ANAC (2017), os drones de uso comercial, corporativo ou experimental (RPA) foram categorizados em três classes, de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento. Além disso, os pilotos das três classes de RPA deverão ter idade mínima de 18 anos. Exige-se seguro com cobertura de danos a terceiros para os RPA acima de 250 gramas, com exceção de órgãos de segurança pública e Defesa Civil. Os voos com aeromodelo e RPA com até 250 g não precisam ser registrados.

De acordo com a ANAC (2017), os drones com mais de 250g só poderão voar em áreas com distância horizontal mínima de 30 metros de terceiros, sob total responsabilidade do piloto. A distância especificada não precisa ser observada caso exista uma barreira de proteção entre o equipamento e as pessoas. Para voar com drones com mais de 250g perto de pessoas é necessário que elas concordem previamente com a operação.

3.METODOLOGIA

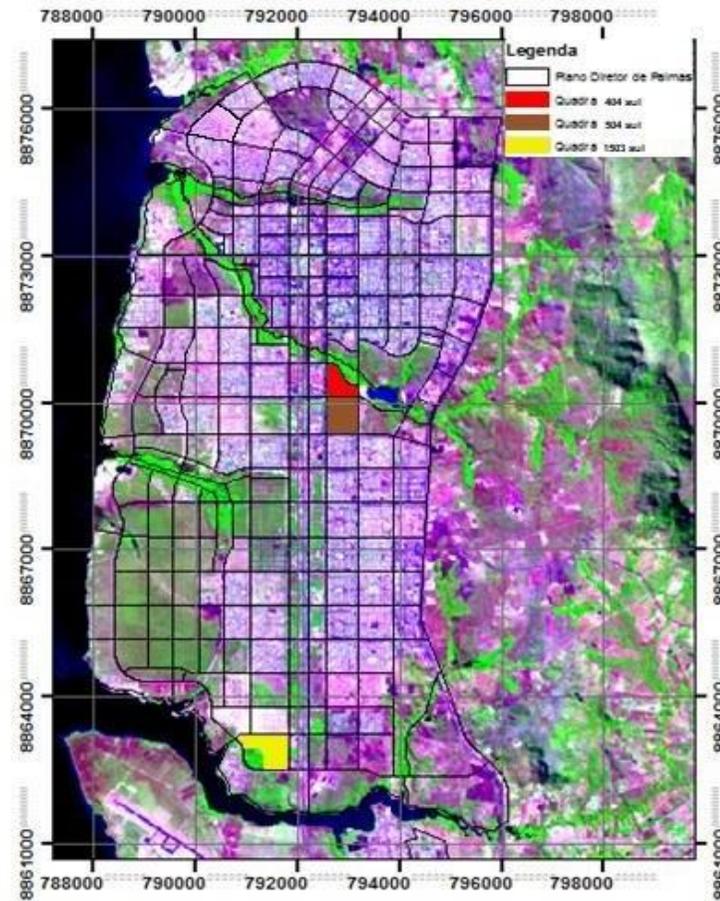
São apresentados aqui os materiais e métodos que serão utilizados nesta pesquisa, bem como as áreas de estudo e o que motivou as escolhas para a realização do trabalho de campo. Destacam-se ainda as características e especificidades dos equipamentos utilizados na aquisição das imagens, descrições dos 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.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende as quadras 404 sul, 504 sul e 1503 sul, localizadas no município de Palmas-TO, Figura 1. As visitas a quadra foram realizadas nos dias 09 de agosto de 2020, 10 de agosto de 2020, 17 de agosto de 2020 e 18 de Agosto de 2020.

A escolha dessa área de amostragem (404 sul) deve-se ao fato de ser uma quadra antiga da cidade e possuir muitos componentes hidráulicos urbanos, a 504 sul também é uma quadra antiga e possui poucos componentes hidráulicos urbanos sofrendo com frequentes inundações, já a escolha da área de amostragem da 1503 sul deve-se ao fato das frequentes inundações em períodos chuvosos e irregularidades no posicionamento dos componentes hidráulicos urbanos.

Figura 1. Área de estudo.



3.2 MATERIAIS

3.2.1 VANT eBee softwares para voo e processamento de imagens

Para a coleta das imagens será 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, 2020.

O planejamento de voo será 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.

3.2.2 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



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

3.2.3 Dispositivo de captação de imagem (câmeras)

A câmera que será 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.

3.3 PROCEDIMENTOS

Antes de iniciar o voo será efetuada uma verificação dos sistemas da aeronave para se assegurar de que o veículo estava pronto. Ainda em solo serão 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.

3.3.1 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.

3.3.2 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.

3.3.3 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.

3.3.4 Levantamento de dados no ortomosaico

Após a geração do ortomosaico e com o auxílio do software arcGIS, os componentes de drenagem urbana foram identificados. Por meio da ferramenta de calculadora de campo do software arcGIS, foram calculadas áreas e identificado componentes de drenagem urbana nas quadras estudadas.

Após a vetorização dos componentes de drenagem urbana, os resultados obtidos foram confrontados com as diretrizes de projeto, sendo elas: distanciamento, posicionamento e ausência de bocas-de-lobo combinadas (figura 4), com a finalidade de verificar a potencialidade do uso desses produtos na compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto.

Figura 4. Boca-de-lobo combinada (sem depressão)



Fonte: Manual de hidráulica, 2005.

3.3.5 Levantamento de dados em campo

A fim de verificar a confiabilidade dos dados extraídos do ortomosaico, foram identificados todos os componentes de drenagem urbana da quadra 404 sul, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta o levantamento proposto.

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

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos estudos realizados a partir da metodologia descrita, pode-se confrontar os produtos levantados no ortomosaico com as diretrizes de projeto e finalmente discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto.

4.1 ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO

A quadra 404 Sul tem formato regular e área de 31.820 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 20 minutos e 30 segundos, correspondendo a um consumo de bateria de aproximadamente 75%. 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.

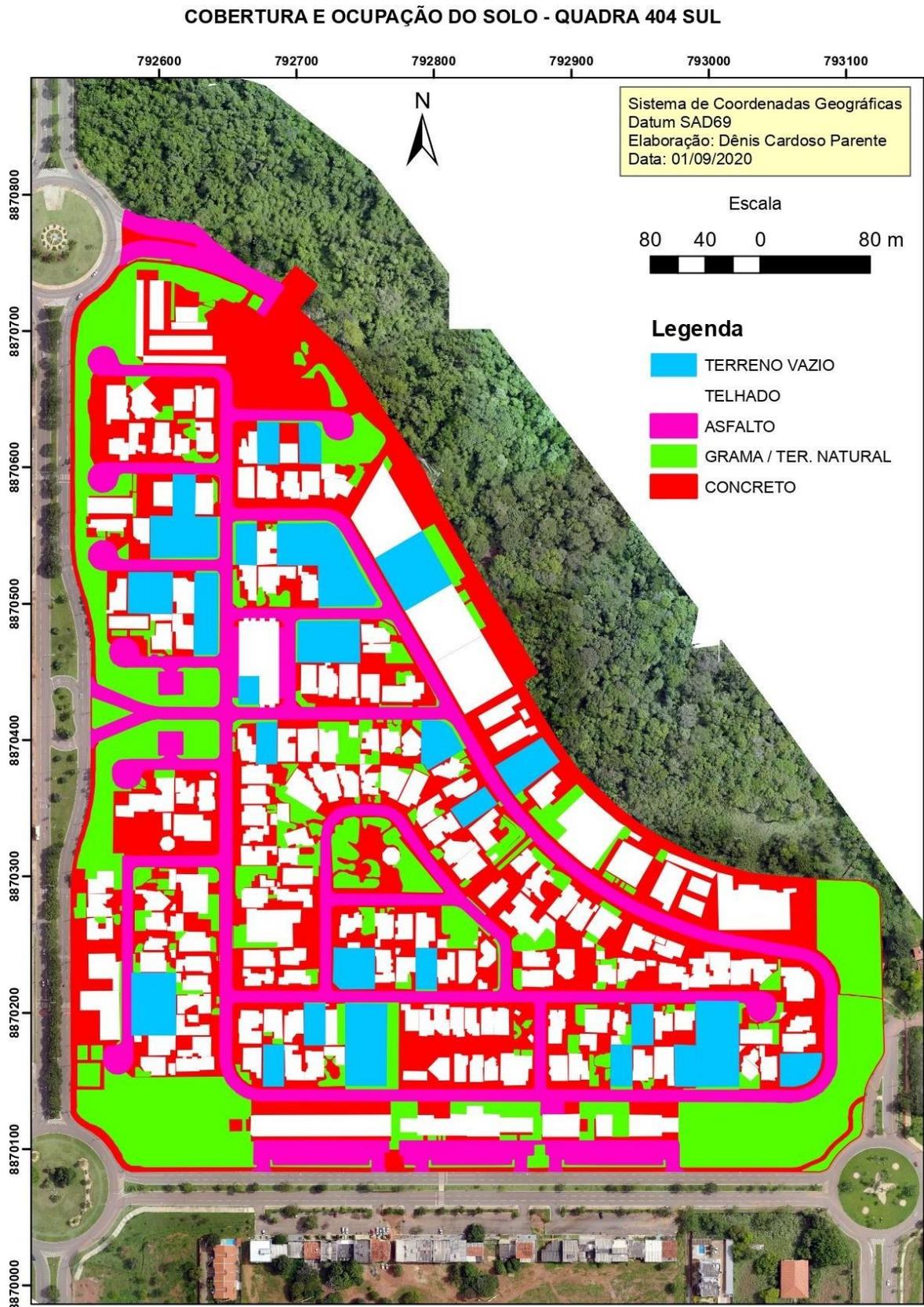
O alcance do link de rádio estabelecido entre a aeronave utilizada nesta pesquisa e a plataforma de controle não ultrapassou os 3.000m de limite estabelecido pelo equipamento, o que possibilitou a utilização de pontos mais adequados para sobrevoos e decolagem, ou seja, áreas livres de obstáculos, mais afastadas e pouco urbanizadas, todas dentro dos limites de alcance do rádio e da autonomia de voo. Atrelado 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 voo, necessidade de mudança de rota em razão de inobservância de obstáculos, podendo assim, se constatado a tempo evitar maiores danos.

4.2 QUALIDADE DO ORTOMOSAICO GERADO

Para o estudo de potencialidade sobre a utilização da tecnologia VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem às diretrizes de projeto, foi sobrevoada três quadras, sendo duas quadras totalmente urbanizadas dentro do perímetro urbano (404 sul e 504 sul), enquanto a quadra (1503 sul) ainda não é completamente urbanizada, objetivando a busca por maior número de componentes de drenagem urbana a serem vetorizados e confrontados com as diretrizes preestabelecidas de projeto.

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 do ortomosaico de imagens obtidas no sobrevoos. Nessa etapa de vetorização foi identificado na plataforma do ArcGis 10.2.2e a área de cada unidade, identificando terrenos vazios, telhados, asfalto, grama, terreno natural e as calçadas de concreto. As seguintes áreas de cobertura e ocupação do solo foram levantadas para o dimensionamento da rede pluvial para determinar as vazões que afluem à rede de condutos da quadra 404 sul, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5. Cobertura e ocupação do solo da quadra 404 sul, plataforma ArcGis.



Fonte: Autor, 2020.

4.2.1 ESTUDO DA QUADRA 404 SUL

Segundo TUCCI (2005), a microdrenagem urbana é definida pelo sistema de condutos pluviais no loteamento ou na rede primária urbana. O dimensionamento de uma rede de pluviais é baseado nas seguintes etapas:

- subdivisão da área e traçado;
- determinação das vazões que afluem à rede de condutos;
- dimensionamento da rede de condutos;
- dimensionamento das medidas de controle.

A vazão de descarga é calculada para saber o quantitativo de escoamento presente na quadra. Para tal usa-se a seguinte fórmula:

$$Q = 0,278.C.I.A$$

Onde:

Q: vazão de descarga (m³/s);

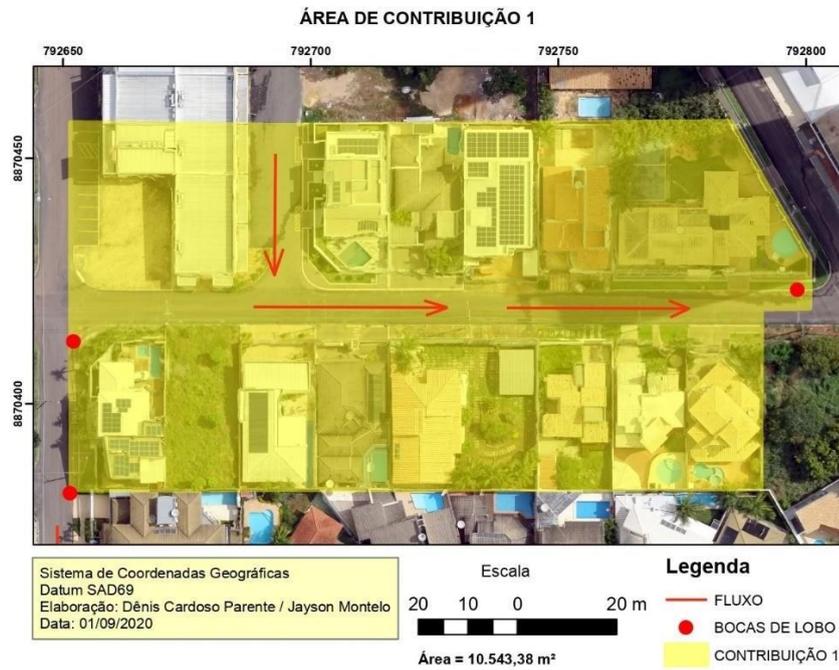
C: coeficiente de escoamento da área que contribui para a estrutura;

A: área drenada para a estrutura (km²);

I: intensidade da precipitação (mm/h).

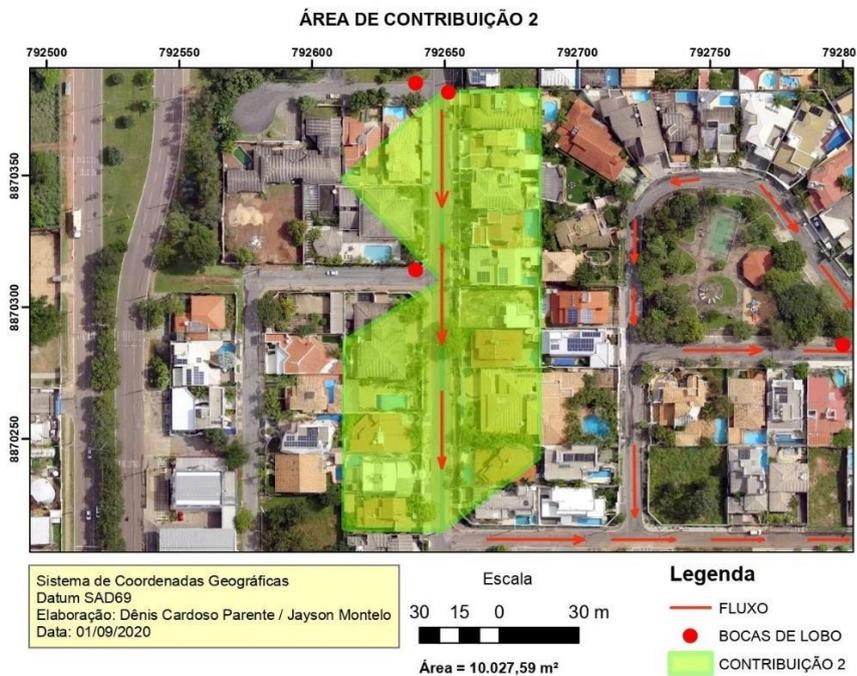
Nas Figuras 6, 7, 8 e 9 é apresentado a subdivisão das áreas de contribuição e posicionamento das bocas-de-lobo da quadra 404 sul para o cálculo do coeficiente de deflúvio ponderado.

Figura 6. Mosaico com áreas de contribuição 1 na quadra 404 Sul.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 7. Mosaico com áreas de contribuição 2 na quadra 404 Sul.



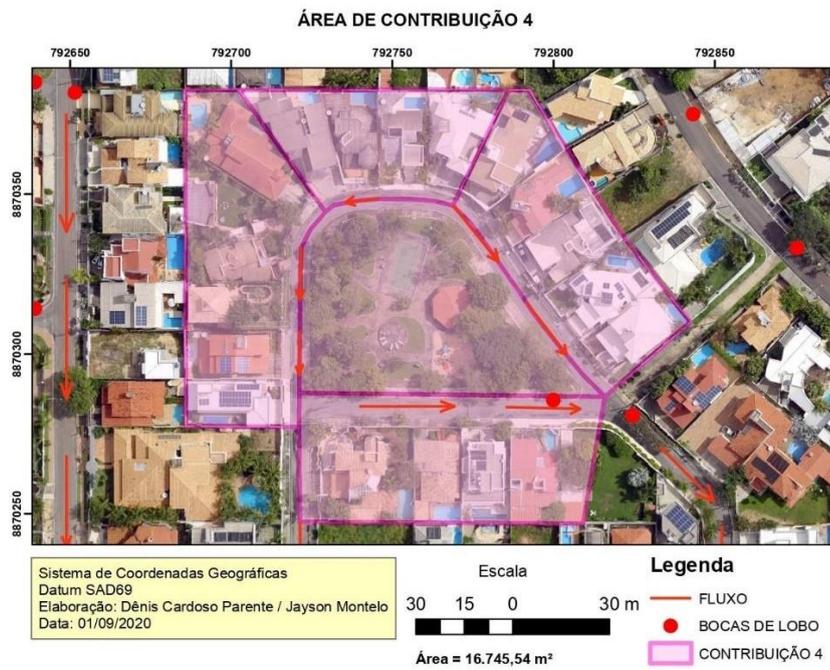
Fonte: Autor, 2020.

Figura 8. Mosaico com áreas de contribuição 3 na quadra 404 Sul.



Fonte: Autor, 2020.

Figura 9. Mosaico com áreas de contribuição 4 na quadra 404 Sul.



Fonte: Autor, 2020.

Dados para a equação de vazão de descarga (tabela 1):

Tabela 1- Dados vazão de descarga.

C	0,78
I (mm/h)	150
Área 1 (km ²)	0,01
Área 2 (km ²)	0,01
Área 3 (km ²)	0,03
Área 4 (km ²)	0,02

Fonte: Autor, 2020.

Vazão de descarga nas áreas de contribuição 1, 2, 3 e 4 (tabela 2):

Tabela 2 - Valor das vazões de descarga.

Q1(m ³ /s)	Q2(m ³ /s)	Q3(m ³ /s)	Q4(m ³ /s)
0,33	0,33	0,98	0,65

Fonte: Autor, 2020.

Na área 1 obteve-se 0,33m³/s de vazão, para suprir tal resultado tem-se apenas 1 boca-de-lobo conforme a indicação de fluxo (figura 6). Na área 2 também obteve-se o resultado de 0,33m³/s e 1 boca-de-lobo (figura 7). A área 3 apresentou maior volume de vazão 0,98 m³/s e 3 bocas-de-lobo na indicação de fluxo (figura 8). Já na figura 4 o resultado foi de 0,65 m³/s e 2 bocas-de-lobo no sentido do fluxo (figura 9).

Para definir a capacidade de engolimento boca-de-lobo combinada é preciso calcular as vazões da guia e de sua grelha, calculadas pelas seguintes equações:

a) Boca-de-lobo guia: $Q=1,7.L.y^{\frac{3}{2}}$

onde:

Q: vazão de engolimento (m³/s);

y: altura de água próxima à abertura na guia (m);

L: comprimento da soleira (m).

b) Boca-de-lobo grelha: $Q=1,7.P.y^{\frac{3}{2}}$

onde:

P: Perímetro da grelha (m)

Todas as bocas-de-lobo combinada identificadas na quadra 404 sul possuem 1 metro de comprimento e 0,15 metros de altura (Figura 10). O valor obtido na vazão de engolimento da guia foi de 54l/s e na vazão de engolimento da grelha foi de 86l/s, somando os dois valores adquire-se a vazão de engolimento total de 140l/s ou 0,14m³/s. Pegando os dados de vazão de descarga da tabela 1 e subtraindo da vazão de engolimento multiplicada pelo número de bocas-de-lobo no sentido do fluxo das áreas, não se obtêm resultado menor ou igual a zero, ou seja, há transferência de vazão de uma área para outra, o número de bocas-de-lobo nas áreas de contribuição não sustentam a demanda de escoamento.

Figura 10. Boca-de-lobo combinada identificada na quadra 404 Sul.

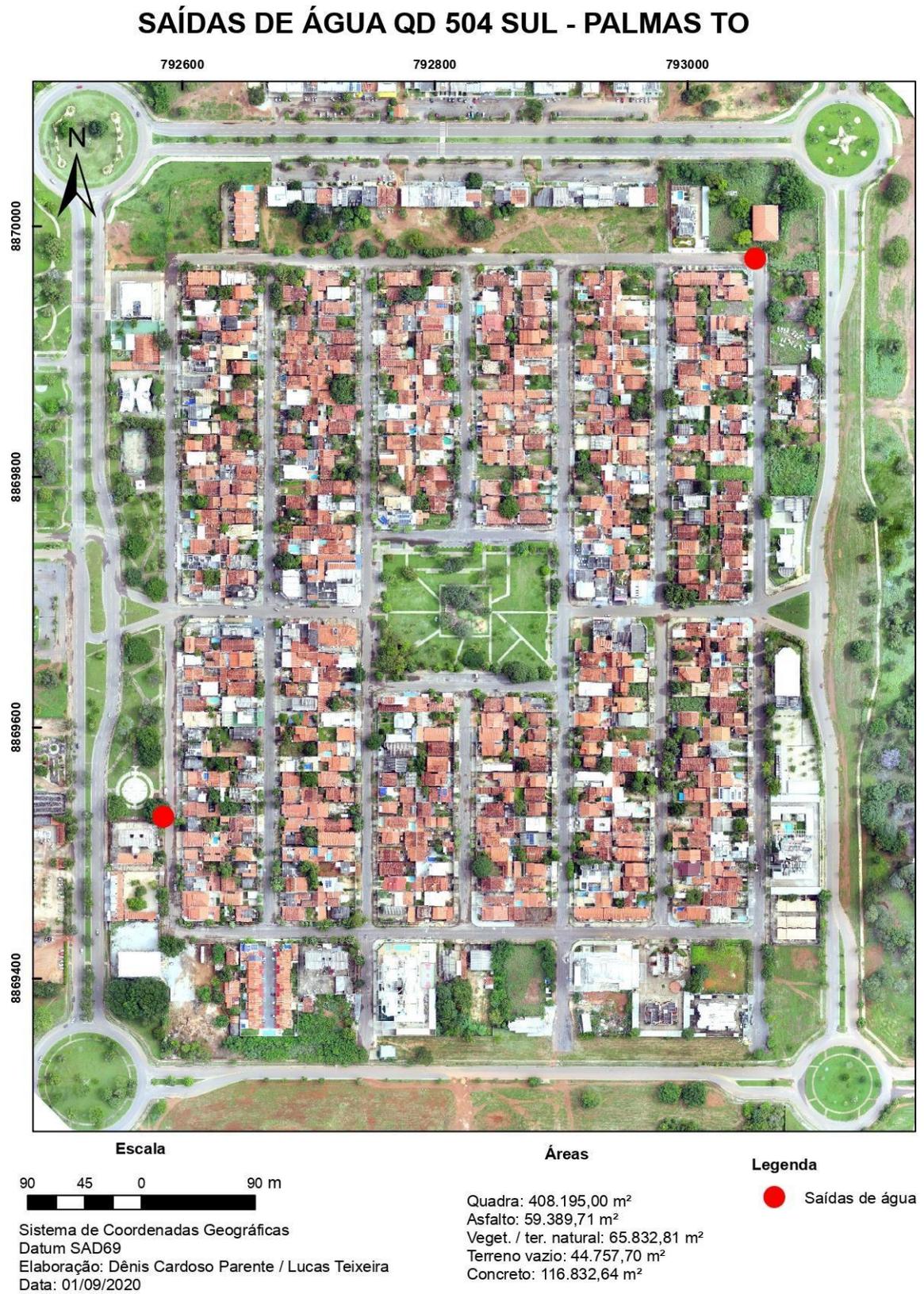


Fonte: Autor, 2020.

4.2.2 ESTUDO DA QUADRA 504 SUL

Na quadra 504 sul não foi identificado nenhum componente de drenagem urbana, tanto pelo imageamento aéreo quanto pela visita in loco, foi identificado apenas duas saídas de água, (figura 10).

Figura 11. Saídas de água da 504 sul.



Fonte: Autor, 2020.

A figura 11 apresenta a inexistência de componentes de drenagem urbana, situação corriqueira nas quadras de palmas. Apesar da quadra ser antiga e bem localizada no plano diretos, a ausência de componentes de drenagem ainda é algo existente nas quadras do município de Palmas-TO.

4.2.3 ESTUDO DA QUADRA 1503 SUL

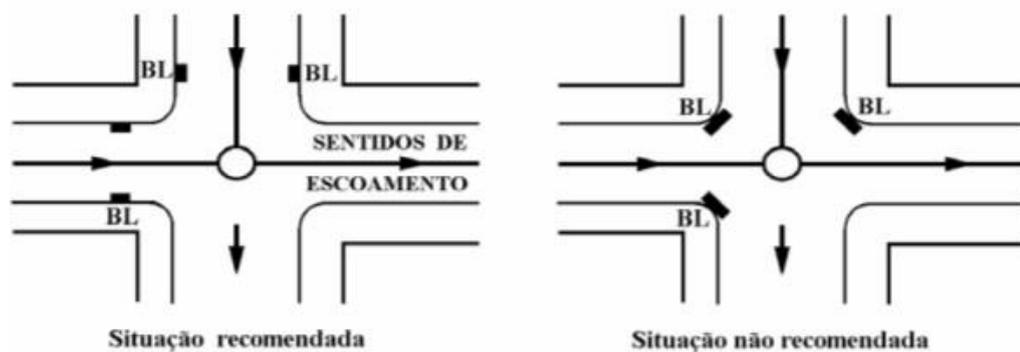
Figura 12. Posicionamento das bocas-de-lobo 1503 sul.



Fonte: Autor, 2020.

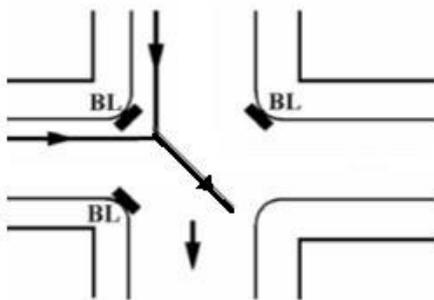
Na quadra 1503 Sul foram identificadas diversas bocas-de-lobo, simples e dupla, segundo TUCCI (2005), não é conveniente a localização das bocas-de-lobo junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas de duas ruas convergentes (figura 13), pelos seguintes motivos: (i) os pedestres, para cruzarem uma rua, teriam que saltar a torrente num trecho de máxima vazão superficial; (ii) as torrentes convergentes pelas diferentes sarjetas teriam, como resultante, um escoamento de velocidade em sentido contrário ao da afluência para o interior da boca-de-lobo (figura 14).

Figura 13. Posicionamento correto da boca-de-lobo.



Fonte: TUCCI, 2005.

Figura 14. Escoamento sentido contrário da afluência.



Fonte: TUCCI, 2005.

A quantia de bocas-de-lobo não irá sustentar a demanda de escoamento se estiverem localadas nos pontos incorretos definidos por diretrizes de projeto, segundo TUCCI (2005), a definição da concepção inicial é mais importante para a economia global do sistema do que os estudos posteriores de detalhamento do projeto, de especificação de materiais, etc. Esse trabalho

deve ser desenvolvido simultaneamente ao plano urbanístico das ruas e das quadras, pois, caso contrário, ficam impostas, ao sistema de drenagem, restrições que levam sempre a maiores custos.

4.3 ANÁLISE DA VETORIZAÇÃO DOS COMPONENTES DE DRENAGEM URBANA OBTIDOS COM O VANT

Como já mencionado anteriormente, as quadras foram vetorizadas de forma a extrair as seguintes diretrizes: identificação dos componentes de drenagem urbana, seus respectivos posicionamentos e suas vazões de engolimento.

Foram identificadas 76 bocas-de-lobo, a fim de chegar a conclusão do quão relevante seria a aplicação da ferramenta VANT no processo de compatibilidade e adequação do sistema de drenagem da região.

Tabela 3- Valor de vazão excedido.

Vazão de escoamento (área 1) (m ³ /s)	0,33
vazão de engolimento (área 1) (m ³ /s)	0,14
excedente de vazão da área 1 + vazão área 2 (m ³ /s)	0,19+0,33
vazão de engolimento (área 2) (m ³ /s)	0,14
excedente de vazão da área 2 + vazão área 3 (m ³ /s)	0,38+0,98
vazão de engolimento (área 3) (m ³ /s)	0,42
excedente de vazão da área 3 + vazão área 4 (m ³ /s)	0,94+0,65
vazão de engolimento (área 4) (m ³ /s)	0,14
Valor de vazão excedido (não engolido)	1,45

Fonte: Autor, 2020.

Conforme apresentado na Tabela 1, foram identificadas 6 bocas-de-lobo que não atenderam o volume de vazão de escoamento gerado na quadra 404 sul, o que representa aproximadamente 37% da vazão de escoamento total.

Analisando os dados da figura 11, nota-se que apenas 41,4% das bocas-de-lobo atenderam a exigência do posicionamento correto. Destaca-se que a geração de informações geométricas úteis por meio do sensoriamento remoto por VANTs para identificação compatibilização e adequação dos componentes de drenagem urbana 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. 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.

4.4 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 15 confronta a imagem obtida pela aeronave (esquerda) com a imagem obtida em campo de uma boca-de-lobo combinada. O refinamento da resolução utilizada no processo de obtenção das imagens trouxe uma riqueza de detalhes que permitiu a identificação de todos os componentes de drenagem urbana presentes nas quadras.

Figura 15. Imagem do ortomosaico e imagem de campo.



Fonte: Autor, 2020

5. CONCLUSÃO

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, visto oferece uma 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 granderiqueza de informações, o que facilitou a vetorização dos componentes de drenagem urbana. No que se refere a vetorização dos componentes. Enquanto no método tradicional o projetista deve mensurar objeto por objeto, percorrendo toda extensão da quadra, sendo que 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 de exatos, 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 do sistema de drenagem às diretrizes de projeto no município de Palmas – TO.

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 dos componentes de drenagem urbana.

REFERÊNCIAS

- TUCCI, C. E. M. “**Drenagem Urbana**”, EDITORA DA UNIVERSIDADE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.
- TUCCI, C. E. M. “**Gestão de águas pluviais urbanas**”, Ministério das Cidades – Global Water Partnership - World Bank – Unesco 2005.
- ALMEIDA, I. de C. **Estudo sobre o uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para mapeamento aéreo com fins de elaboração de projetos viários**. Dissertação-Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco. Recife. 2014.
- AUSTIN, R. **Unmanned Aircraft Systems: UAVs design, development and deployment**. Wiltshire: John Wiley & Sons Ltd, 2010.
- ÁVILA, V. M. **Compatibilização de projetos na construção civil Estudo de caso em um edifício residencial multifamiliar**. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2011.
- 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**. Recife, PE, 2017. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Federal De Pernambuco. 2017.
- BRASIL. ANAC. **IS Nº 21-002 Revisão A**, de 04 de outubro de 2012. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-21-002a/@@display-file/arquivo_norma/IS%2021-002A.pdf>. Acesso em: 6 fev 2018.
- BRASIL. ANAC. **Regras sobre drones**. 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- BRASIL. ANAC. **Requisitos Gerais Para Aeronaves não Tripuladas de Uso Civil – RBAC – E nº 94**, de 02 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf>. Acesso em: 22 fev 2018.
- 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.
- Você sabe a diferença entre VANT, DRONE e RPAS? Disponível em: <<https://www.drondrones.com.br/single-post/2017/01/06/Voc%C3%AA-sabe-a-diferen%C3%A7a-entre-VANT-DRONE-e-RPAS>>. Acesso em: 23 abr. 2018.
- CLOTHIER, R. A.; GREER, D. A.; GREER, D. G.; MEHTA, A. M. Risk Perception and the Public Acceptance of Drones. **Risk Analysis**. Brisbane, Queensland, v. 35, p. 1167-1183, jun, 2015.
- CONTRERAS, C.T. et al. Análise dos parâmetros atuais de classificação de UAV para

aplicação civil. **Revista Conexão Sipaer**, v. 2, n.3, ago, 2011.

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, 3, 2015, João Pessoa. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa: UFPB, 2015.

FORÇA AÉREA BRASILEIRA. **Saiba mais sobre voo de drones**. 2015. Disponível em: <<http://fab.mil.br/noticias/mostra/21519/ESPA%C3%87O-A%C3%89REO---Saiba-mais-sobre-voo-de-%60%60drones%C2%B4%C2%B4>>. Acesso em: 6 fev. 2018.

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: 8 fev. 2018.

IESCHECK, A. L.; SOUZA, DE G.; FARINA, F. Mapeamento de cobertura e uso da terra com veículo aéreo não tripulado (VANT). Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 6, 2016, Recife. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife: UFPE, 2016.

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, 2016, Foz do Iguaçu. **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)**. Salvador, BA, 2016. Originalmente apresentada como dissertação de Mestrado. Universidade Federal Da Bahia. 2016.

PARENTE, D. C.; PICANÇO, A. P.; LIMA, S. N. Utilização de veículo aéreo não tripulado no levantamento de serviços para orçamentação de redes coletoras de esgoto e de abastecimento de água. **Revista Dae**, v. 66, n. 213, p. 76-84, out-dez, 2018.

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

PARENTE, D. C.; FELIX, N. C.; PICANÇO, A. P. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**. Palmas, TO, 2016. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, Universidade Federal do Tocantins, 2016.

PEGORARO, A. J. **Estudo do potencial de um veículo aéreo não tripulado/ quadrotor, como plataforma na obtenção de dados cadastrais**. Florianópolis, SC, 2013. Originalmente apresentada como dissertação de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina. 2013.

RODRIGUES, E. S. Aspectos regulatórios da operação de veículos aéreos não tripulados. IN: CONGRESSO RIO DE TRANSPORTES, 13, 2015, Rio de Janeiro. **Anais do XIII Rio de Transportes**. Rio de Janeiro. 2015. p. 14.

SIEBERT, S.; TEIZER, J. Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system. **Automation in Construction**. Georgia, Atlanta. v.41, p. 1-14. 2014.

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

TATUM, M. C.; LIU, J. Unmanned Aircraft System Applications In Construction. **Procedia Engineering**, v. 196, p. 167-175, jun, 2017.