



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

Lucas Teixeira Barbosa

ESTUDO DE VIABILIDADE DO CALCULO DO COEFICIENTE DE DEFLUVIO (C)
UTILIZADO EM REDE DE DRENAGEM URBANA DE QUADRAS INTERNAS DE
PALMAS – TO COM AUXILIO DE IMAGEAMENTO AEREO

Palmas – TO

2020

Lucas Teixeira Barbosa

ESTUDO DE VIABILIDADE DO CALCULO DO COEFICIENTE DE DEFLUVIO (C)
UTILIZADO EM REDE DE DRENAGEM URBANA DE QUADRAS INTERNAS DE PALMAS
– TO COM AUXILIO DE IMAGEAMENTO AEREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 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

Lucas Teixeira Barbosa

ESTUDO DE VIABILIDADE DO CALCULO DO COEFICIENTE DE DEFLUVIO (C)
UTILIZADO EM REDE DE DRENAGEM URBANA DE QUADRAS INTERNAS DE PALMAS
– TO COM AUXILIO DE IMAGEAMENTO AEREO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 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.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Palmas – TO

2020

RESUMO

BARBOSA, Lucas teixeira. **Estudo de viabilidade do cálculo do coeficiente de deflúvio (C) utilizado em rede de drenagem urbana de quadras internas de Palmas – TO com auxílio de imageamento aero.** 2020. 36 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 viabilidade da utilização de Veículo Aéreo não Tripulado (VANT) no cálculo do coeficiente de deflúvio utilizado um VANT, softwares para plano de voo e processamento de imagens. A área de estudo escolhida foi a quadra 504 Sul, localizada na região sul da cidade de Palmas - TO. Com metodologia que permitisse atestar a potencialidade dos produtos gerados em termos de fotointerpretação, precisões geométricas e geográficas, foram feitos sobrevoo e medições em campo. Através das imagens aéreas obtidas, foi gerado um ortomosaico. A partir do ortomosaico, foram identificadas e quantificadas as áreas das superfícies que dizem respeito ao cálculo do coeficiente de deflúvio. Posteriormente foram comparadas medidas realizadas em campo e medidas coletadas no software ArcGis. Os resultados encontrados mostram que as imagens aéreas obtidas e o ortomosaico gerado podem auxiliar de forma confiável, rápida e segura no processo de cálculo do coeficiente de deflúvio, 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. Calculo de deflúvio. Drenagem urbana

ABSTRACT

BARBOSA, Lucas teixeira. **Feasibility study of the calculation of the defluvium coefficient (C) used in an urban drainage network of indoor courts in Palmas - TO with the aid of aero imaging.** 2020. 36 f. Course Conclusion Paper (Graduation) - Civil Engineering Course, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas / TO.

The present work aims to analyze the feasibility of using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in the calculation of the defluvium coefficient using a UAV, software for flight plan and image processing. The study area chosen was block 504 South, located in the southern region of the city of Palmas - TO. With methodology that allowed to attest the potential of the products generated in terms of photointerpretation, geometric and geographic precision, overflights and measurements were made in the field. Through the aerial images obtained, an orthomosaic was generated. From the orthomosaic, the areas of the surfaces that relate to the calculation of the defluvium coefficient were identified and quantified. Subsequently, measurements taken in the field were compared with measurements collected in the ArcGis software. The results found show that the aerial images obtained and the generated orthomosaic can help reliably, quickly and safely in the process of calculating the defluvium coefficient, 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. Flow calculation. Urban drainage

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1 – alagamento Av. NS1..... | 12 |
| Figura 2 – Alameda 01 da quadra 504 sul..... | 12 |
| Figura 3 – Boca de lobo irregular..... | 13 |
| Figura 4 – alagamento das vias na quadra 504 sul e única boca de lobo da quadra..... | 23 |
| Figura 5 – Aeromodelo Ebee..... | 23 |
| Figura 6 – Base do eBee..... | 24 |
| Figura 7 – Distribuição dos pontos de amostragem..... | 27 |
| Figura 8 – vetorização e identificação das superfícies da quadra 504 sul..... | 30 |
| Figura 9 – Distorções em vértices e arestas das edificações..... | 31 |
| Figura 10 – Distorções em vértices e arestas das edificações..... | 32 |
| Figura 11 – medição do ponto 8..... | 34 |
| Figura 12 – identificação de superfícies no ortomozaico e no local..... | 33 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Coeficiente de deflúvio de acordo com a superfície..... | 15 |
| Tabela 2 - Cálculo do coeficiente específico da quadra | 31 |
| Tabela 3 - Medições da largura das calçadas de passeio. | 32 |

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 |
| IPTU | Imposto Territorial Urbano |
| PRFS | Plano de Regularização Fundiária Sustentável |
| 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 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1.INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 1.1PROBLEMA DE PESQUISA | 10 |
| 1.2 HIPÓTESE..... | 10 |
| 1.3OBJETIVOS | 10 |
| 1.3.1 Objetivo geral..... | 10 |
| 1.3.2 Objetivos especificos..... | 10 |
| 1.4 JUSTIFICATIVA | 11 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 13 |
| 3. METODOLOGIA | 22 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO..... | 22 |
| 3.2. MATERIAIS..... | 23 |
| 3.2.1 VANT eBee e softwares para voo e processamento de imagens..... | 23 |
| 3.2.2 Base..... | 23 |
| 3.2.3 Dispositivo de captação de imagem (câmeras)..... | 24 |
| 3.3 PROCEDIMENTOS | 24 |
| 3.3.1 Planejamento e trajetória do voo..... | 25 |
| 3.3.2 Aquisição de imagens..... | 25 |
| 3.3.3 Montagem do ortomosaico..... | 25 |
| 3.3.4 Levantamento de dados no ortomosaico..... | 25 |
| 3.3.5 Levantamento de dados em campo..... | 26 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... | 27 |
| 4.1 ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO | 28 |
| 4.2 CARACTERISTICAS DO ORTOMOSAICO GERADO | 28 |
| 4.3 CALCULO DO COEFICIENTE DE DEFLUVIO ESPECIFICO | 31 |
| 4.4 ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA | 32 |
| 5. CONCLUSÃO..... | 34 |
| 6. REFERÊNCIAS..... | 36 |

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Palmas, capital do Tocantins foi planejada através de um projeto urbanístico, abrangendo uma área urbana com 11.085 hectares, com capacidade para abrigar cerca de 1 milhão e 200 mil habitantes. Visando também determinar diretrizes para o seu crescimento e desenvolvimento concentrado em um eixo central. Por diversos fatores, entre eles políticos e de mercado, é possível perceber que o processo real de ocupação dos espaços urbanos não segue exatamente as suas diretrizes originalmente concebidas. (BESSA, 2017)

A impermeabilização do solo urbano ocasionada pela supressão da vegetação e aumento das áreas construídas, vias pavimentadas e calçadas. A principal característica dos lugares com reduzidas taxas de infiltração é o aumento do tempo de concentração da água nas camadas superficiais do solo. (Rocha et al., 2014).

O acúmulo de água sob vias e calçadas podem gerara grandes transtornos para os motoristas e moradores, em alguns casos podendo colocar até suas vidas em risco. Nesse contexto, é de suma importância que o sistema de drenagem seja dimensionado de acordo com a situação exigida na região. Onde a vazão superficial da água pode ser diferente de acordo com a topografia local, intensidade pluviométrica e atividade realizada na área.

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 aerolevanteamento. (Feitosa, 2018)

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 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.

Segundo Melo (2016) os veículos aéreos não tripulados foram desenvolvidos inicialmente apenas para aplicações militares, hoje em dia são cada vez mais utilizados em todo o mundo em diversas aplicações, tais como levantamentos topográficos, auxílio no manejo de culturas dentro da agricultura, monitoramento de reservas legais, 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).

Segundo Barcelos (2017) existem inúmeras vantagens, dentre as quais, não oferece risco de óbito de tripulantes, contribui em tempo real na precisão e reconhecimento de áreas de variadas extensões oferecendo suporte aos pesquisadores, com auxílio de imagens áreas de alta resolução, propiciando o mapeamento das áreas de estudo e o desenvolvimento das pesquisas nesse âmbito.

Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo estudar a aplicação de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado no processo de compatibilidade e comparação do coeficiente de escoamento superficial sistema de drenagem urbana existente em Palmas – TO com o coeficiente calculado a partir das imagens obtidas.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A cidade de Palmas cresce seu perímetro urbano em alto ritmo, e independente de ser planejada segundo Bazzoli (2019) a cidade possui um péssimo histórico de construir infraestrutura urbana visando apenas a valorização imobiliária local. De maneira geral as quadras possuem pavimento de baixa qualidade e partes delas sem micro e macrodrenagem.

Apesar de possuírem bocas de lobo e guia para escoamento, uma fração das quadras do centro de Palmas apresenta alagamentos localizados. Porque que esses eventos ocorrem nessas quadras ?

1.2 HIPÓTESE

Com o imageamento aéreo é possível obter dados precisos a respeito do uso do solo, identificar as áreas impermeáveis e permeáveis, com baixo custo e eficiência. A partir das imagens coletadas é possível calcular o coeficiente de deflúvio específico de cada região, evitando alagamentos e/ou superdimensionamento da micro drenagem.

Não possui aplicabilidade, pois apresenta muitas limitações, apresentando baixa resistência a voo sob chuva forte e vento, limitações de altitude e baixa qualidade nas imagens devido à instabilidade do voo, além da rigorosidade da legislação e dificuldade em estabelecer parâmetros e regras.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Estudar a aplicabilidade de imagens obtidas com veículo aéreo não tripulado (VANT) no processo de determinação do coeficiente de deflúvio de quadras internas na cidade de Palmas - TO.

1.3.2 Objetivos específicos

- Gerar ortomosaico de uma quadra da região norte de Palmas por meio de sobreposições de imagens RGB obtidas por VANT;

- Realizar o cálculo do coeficiente de deflúvio específico de quadra pré selecionada a partir do ortomosaico
- Discutir a potencialidade do uso do VANT no levantamento de dados para dimensionar e verificar problemas de drenagem urbana

1.4 JUSTIFICATIVA

De acordo com Souza (2010) descreve sérias questões a serem resolvidas na cidade, apesar do pouco tempo de existência e do fato de sua implantação ter sido planejada. Dentre os problemas abordados estão: a inexistência de macro e microdrenagem em avenidas e quadras já ocupadas, descarga inadequada de águas pluviais; a má localização, dimensionamento e limpeza das bocas de lobo; e a falta de um plano diretor específico para a drenagem pluvial urbana; o lançamento de águas pluviais de imóveis edificadas direto sobre vias públicas

Segundo Souza (2010) uma vez que os terrenos impermeabilizados dos imóveis construídos passam a lançar suas águas pluviais nas vias de circulação, a rede de drenagem se torna ineficaz e é gradativamente sobrecarregada pela expansão urbana. O aumento do número de ruas e avenidas asfaltadas também amplia o escoamento superficial, levando a sobrecarga do sistema de drenagem.

O processo de dimensionamento de qualquer sistema ou estrutura se mostra mais eficaz a medida que os dados de entrada estão mais próximos à realidade de cada situação. Para tal, o uso de novas tecnologias como VANTs é imprescindível para facilitar a coleta de informações, aumentar a precisão delas assim como agilizar o processo. Há registros da 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.

Desse modo, o estudo de adequação do coeficiente de deflúvio, essencial no sistema de drenagem pluvial, às obras 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.

Figura 1 – alagamento Av. NS1



Fonte: autor (2019)

Figura 2 – Alameda 01 da quadra 504 sul



Fonte: autor (2020)

Figura 3 – Boca de lobo irregular.



Fonte: autor (2020).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, são apresentados a definição do escoamento superficial; método racional; coeficiente de deflúvio, bem como as diretrizes escolhidas para este estudo. São apresentadas também as características, componentes e diferentes aplicações do VANT.

2.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Do volume de água que atinge o solo, parte é retida em depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície assim que a intensidade da precipitação supere a capacidade de infiltração do solo e os espaços nas superfícies retentoras tenham sido preenchidos (MARTINS et al, 1976). No início desse escoamento é formada uma película laminar que aumenta de espessura à medida que a precipitação prossegue, até atingir o estado de equilíbrio.

O volume de água decorrente do escoamento superficial depende de fatores de natureza geológica, climática e fisiográfica da região (PENMAN, 1963), tais como: a área da bacia hidrográfica, a existência de declividades acentuadas e depressões retentoras de água, o tipo e o teor de água do solo, a cobertura vegetal e a quantidade e a intensidade de precipitação, entre outros

2.2 MÉTODO RACIONAL

O método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas, com áreas menores que 2 km². Na microdrenagem é muito utilizada para definir as vazões precipitadas por sub-bacias urbanas, como também serve de base para a determinação dos diâmetros de projeto (SUDERHSA, 2002). A Equação abaixo apresenta uma das formas de aplicação do método racional.

$$Q = \frac{C * I * A}{3,6}$$

Sendo:

Q = vazão de escoamento (m³/s);

C = coeficiente de deflúvio;

I = intensidade de precipitação (mm/h)

A = área de contribuição (km²).

De acordo com FCTH (1999), a aceitação do método racional deve-se a sua simplicidade e aos resultados obtidos que são geralmente satisfatórios, desde que utilizado respeitando seus limites de validade.

2.3 COEFICIENTE DE DEFLUVIO

O coeficiente de deflúvio representa essencialmente a relação entre a vazão e a precipitação que lhe deu origem (DNIT, 2005). Ou seja, isso quantifica o grau de absorção de água pela superfície onde ocorre a precipitação, representando quantos % do volume precipitado será escoado efetivamente.

O valor de c varia na faixa de 0 a 1, de acordo com cada superfície, tabela 01

Tabela 1: coeficiente de deflúvio de acordo com a superfície.

| Superfície | C |
|-----------------------------|------|
| Pavimento: | |
| asfalto | 0,83 |
| telhado | 0,85 |
| concreto | 0,88 |
| Gramma, solo pesado: | |
| vegetação | 0,2 |
| terreno vazio | 0,2 |

Fonte: Chow (1988), adaptado.

C=0, quando há absorção total da água e não ocorre escoamento superficial;

C=1, quando não há qualquer absorção da água pela superfície, ou seja, a chuva precipitada escoada totalmente.

2.4 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).

2.4.1 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).

2.4.2 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 aerolevanteamentos 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.

2.4.3 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.

2.4.4 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.

2.5 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.

2.5.1 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 suspenso 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.

2.5.1 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.

2.5.1 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, assim como a análise do resultado final.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende a quadra 504 Sul, localizada no plano diretor Sul do município de Palmas.

A quadra, por ser um loteamento antigo possui alta taxa de impermeabilização. A escolha dessa área de amostragem deve-se ao fato de haver muitos alagamentos no entorno das quadras. Na área estudada não havia sistema de drenagem geral da quadra, foi localizado apenas uma boca de lobo na parte mais baixa da quadra, como mostra na figura; o que não impede o acúmulo de água em outras partes da quadra. Quando há chuvas intensas as vias pavimentadas ficam parcialmente alagadas, figura 4, o que indica um subdimensionamento da rede de drenagem interna da quadra.

Figura 4 – alagamento das vias na quadra 504 sul e única boca de lobo da quadra



Fonte: autor, 2020

3.2. MATERIAIS

3.2.1 VANT eBee e softwares para voo e processamento de imagens

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo não tripulado do modelo eBee. 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.

Figura 5 – Aeromodelo Ebee



Fonte: Feitosa, 2018

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 serão 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. A partir

da máquina ligada ao rádio transmissor foram controladas e assistidas todas as etapas do voo programado.

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

Figura 6 - Base do eBee



Fonte: Feitosa, 2018

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.

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 será feita a análise das cargas das baterias para assegurar que elas estarão carregadas, além de verificar se o ambiente de decolagem estará 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 das superfícies e maior precisão para o levantamento de áreas ocupadas e recuos das edificações. Para tal, será 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 será 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 será obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causados pelo processo de aquisição das imagens, que visará orientar as figuras com relação umas às outras e com relação à cena completa. Nesse processo também será 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 possibilitará a obtenção de pontos de controle na própria imagem, referenciadas no sistema de coordenadas UTM. DATUM SAD69, FUSO 22L.

3.3.4 Levantamento de dados no ortomosaico

Após a geração do ortomosaico e com o auxílio do software arcGIS, as áreas foram identificadas, foram criados polígonos para cada área definida, sendo elas: vegetação / terreno natural; telhados; asfalto; terreno vazio; concreto. Com a ferramenta editor, e por meio da ferramenta de calculadora de campo do software arcGIS foram calculadas as áreas e perímetros. Com a ferramenta

“medições” foram calculadas a largura da calçada de passeio para serem confrontadas com medições feitas in loco.

A segunda parte foi realizada através do software Excel 2010, atendendo as demandas de cálculo do coeficiente de deflúvio específico da quadra; calculado através da média ponderada das áreas e coeficientes específicos de cada material identificado.

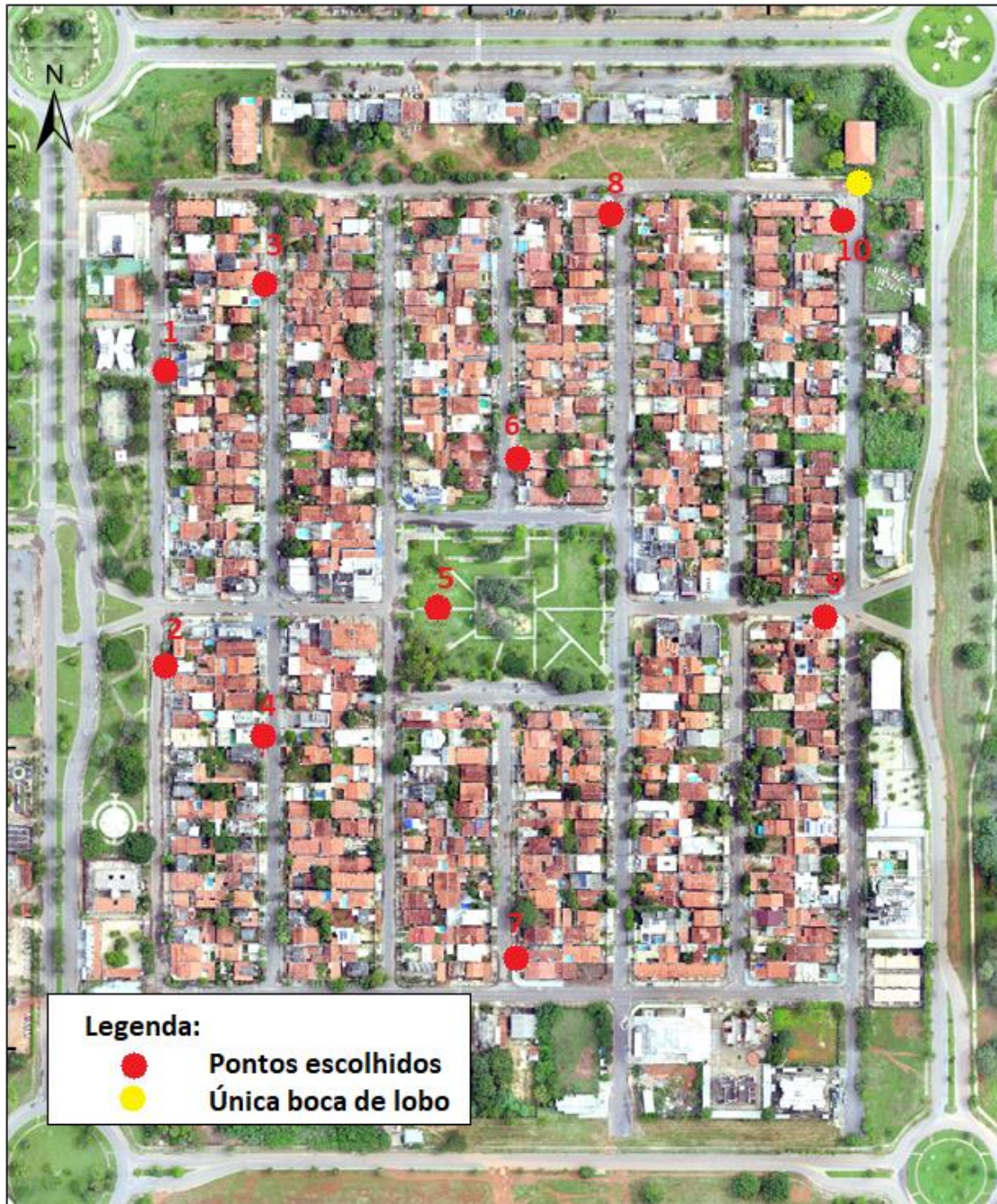
Após a vetorização das áreas, os resultados dos dados obtidos em campo serão confrontados com as medidas realizadas no programa ArcGis, com a finalidade de verificar a precisão das imagens e verificar a viabilidade do uso de um VANT na compatibilização e/ou adequação de projetos de drenagem urbana

3.3.5 Levantamento de dados em campo

Com a finalidade de compatibilidade dos dados extraídos do ortomosaico com os dados reais, serão escolhidos de 10 pontos aleatórios na calçada de passeio do pedestre, figura 7, de modo que a unidade amostral trouxesse diferentes tipos de medição, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta no levantamento proposto.

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

Figura 7 - Distribuição dos pontos de amostragem



Fonte: autor, 2020

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Perante os estudos realizados e seguindo a metodologia apresentada, obtém-se o produto levantado a partir do ortomosaico; o valor do coeficiente de deflúvio específico da quadra interna. Assim podemos confrontar o resultado obtido a partir das medidas coletadas in loco, com as medidas realizadas no programa ArcGis e por consequência discutir a potencialidade do uso do VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem das quadras internas de Palmas.

4.1 ALCANCE E AUTONOMIA DO VOO

A quadra 504 Sul tem formato regular e área de 408.195 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 18 minutos e 30 segundos, correspondendo a um consumo de bateria de aproximadamente 65%. No sobrevoo foi recoberta área total de 94,73 ha em tempo total efetivo de voo de 18,30 minutos, resultando em uma produtividade de 5,17 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. 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 vôo, necessidade de mudança de rota em razão de inobservância de obstáculos, podendo assim, se constatado a tempo evitar maiores danos.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO ORTOMOSAICO GERADO

Para o estudo de potencialidade sobre a utilização da tecnologia VANT na verificação da compatibilidade e adequação do sistema de drenagem, foi sobrevoada uma quadra totalmente urbanizada dentro do perímetro urbano, objetivando a busca por maior área construída e permeável a serem vetorizadas. As medidas coletadas em campo foram confrontadas com as medidas realizadas no programa ArcGis 10.8.

Após a montagem da imagem georeferenciada no software e-motion 2, nesta etapa foi possível realizar a elaboração de mapas temáticos. O processo foi realizado por meio através da plataforma do ArcGis 10.8 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 superfície, sendo elas a) vegetação/terreno natural b) telhado c) asfalto d) terreno vazio e) concreto. Conforme apresentado na figura 8

Figura 8 – vetorização e identificação das superfícies da quadra 504 sul.



Fonte: autor, 2020.

Para diferenciar os terrenos vazios de vegetação natural/terreno natural foram usadas duas cores distintas para representa-los. Dentro do terreno vazio ainda tem a possibilidade de alguma construção vir a ser levantada.

A vegetação natural/terreno natural são áreas verdes localizadas no perímetro da quadra e em praças centrais, dentro dessas áreas não será construído nenhum tipo de edifício comercial ou moradia familiar. A não utilização desses espaços contribui para mitigar os alagamentos, pois o terreno natural

tem capacidade de absorver o escoamento superficial, mas tal característica da quadra não impede que ocorram alagamentos.

Para calcular o coeficiente de deflúvio específico da quadra e evitar que mais alagamentos ocorram é necessário ter confiabilidade nos dados coletados. Apesar da alta taxa de sobreposição de imagens, observada no mapa de sobreposição de imagens gerado pelo software eMotion 2, em que 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.

Em certos pontos foram observadas algumas falhas, devido a sobreposição das fotos obtidas pelo VANT. Como o software e-motion 2 faz esse processo de compilar todas as fotos tiradas em perspectiva em uma única imagem totalmente plana, pode gerar imagens inclinadas ou descontinuas; diminuindo o nível de precisão, figura 9 e 10. Outro fator que pode ter influenciado nessa inconsistência são as sombras e a posição do sol nos horários de vôo.

Figura 9 Distorções em vértices e arestas das edificações.



Fonte: autor, 2020.

Figura 10 - Distorções em vértices e arestas das edificações.



Fonte: autor, 2020.

De acordo com Parente (2016), 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 das áreas, permitindo com sucesso o levantamento dos dados.

4.3 CALCULO DO COEFICIENTE DE DEFLUVIO ESPECIFICO

Com as informações das áreas obtidas a partir do ortomozaico gerado e os mapas temáticos, com o auxílio do programa Excel 2010 foi possível obter o percentual de cada área de influência. Dessa maneira é possível fazer o cálculo da média ponderada do coeficiente de deflúvio específico da quadra 504 sul, conforme a tabela 02

Tabela 2 – Cálculo do coeficiente específico da quadra.

| Item | Área [m ²] | Percentual [%] | Coeficiente C | Resultado |
|---|------------------------|----------------|---------------|-------------|
| área da quadra | 408.195,00 | 100 | - | - |
| asfalto | 59.389,71 | 14,55 | 0,83 | 0,12 |
| vegetação | 65.832,81 | 16,13 | 0,20 | 0,03 |
| terreno vazio | 44.757,70 | 10,96 | 0,20 | 0,02 |
| telhado | 121.382,14 | 29,74 | 0,85 | 0,25 |
| concreto | 116.832,64 | 28,62 | 0,88 | 0,25 |
| Coeficiente C específico da quadra | | | | 0,68 |

Fonte: autor, 2020.

Analisando o resultado encontrado, nota-se que cerca de 70% da água que cai no solo se torna escoamento superficial. O excesso de água na superfície das ruas e avenidas precisa ser destinado a algum ponto de coleta do sistema de drenagem urbano ou sistema de infiltração natural. Na área estudada não havia sistema de drenagem geral da quadra, foi localizado apenas uma boca de lobo na parte mais baixa da quadra, como mostra na figura 6; o que não impede o acúmulo de água em outras partes da quadra. Quando há chuvas intensas as vias pavimentadas ficam parcialmente alagadas, o que indica um subdimensionamento da rede de drenagem interna da quadra.

4.4 ANÁLISE DE PRECISÃO PLANIMÉTRICA

Com a finalidade de subsidiar os dados das áreas coletadas, foram feitas as medidas in loco das larguras das calçadas de passeios e confrontadas com as medidas calculadas no mapa; usando a ferramenta “medições” do software ArcGis. Nota-se que a precisão dos dados é alta, em alguns trechos não há diferença entre a medida coletada in loco e a medida obtida a partir do ortomosaico gerado, como nos pontos 10 e 8. A maior variação nos trechos levantados foi a do ponto 7, de 10cm de diferença, conforme mostra a tabela 03

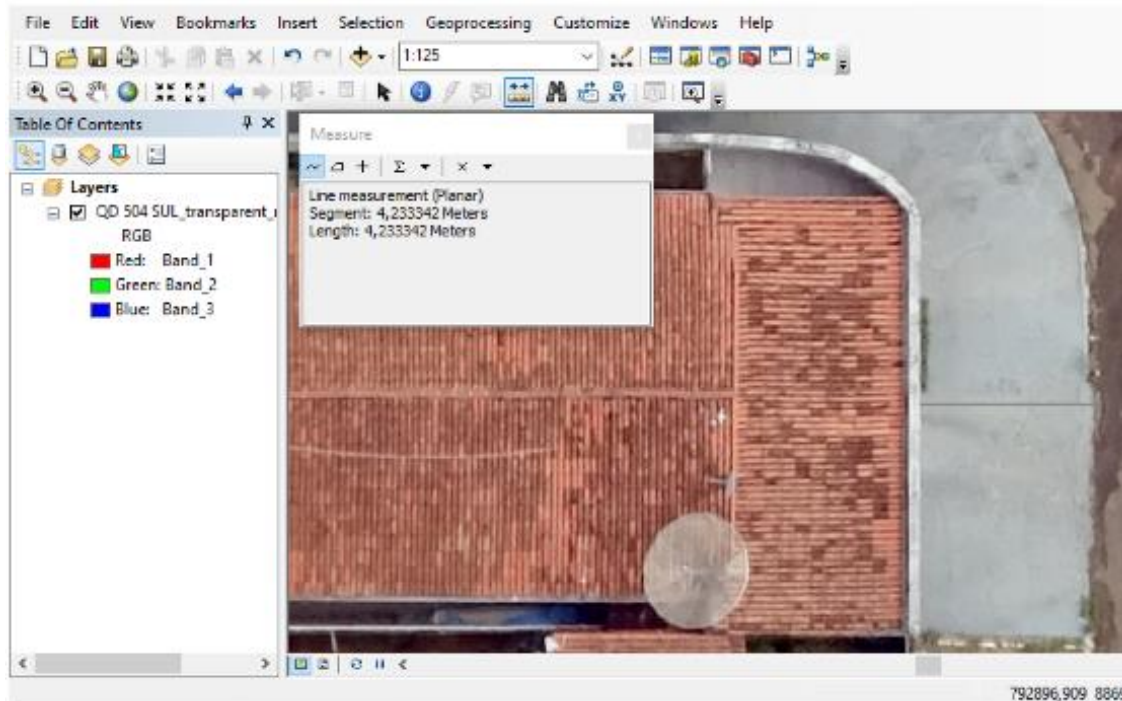
Tabela 3 – Medições da largura das calçadas de passeio.

| Ponto escolhido | Largura in loco [m] | Largura ortomosaico [m] | Variação [m] | Diferença individual (%) |
|-----------------|---------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|
| 01 | 4,37 | 4,32 | 0,05 | 1,14 |
| 02 | 5,40 | 5,38 | 0,02 | 0,37 |
| 03 | 4,17 | 4,16 | 0,01 | 0,23 |
| 04 | 4,65 | 4,61 | 0,04 | 0,86 |
| 05 | 2,15 | 2,11 | 0,04 | 0,19 |
| 06 | 3,98 | 3,92 | 0,06 | 1,50 |
| 07 | 4,38 | 4,28 | 0,10 | 2,28 |
| 08 | 4,23 | 4,23 | 0 | 0 |
| 09 | 4,02 | 4,00 | 0,02 | 0,50 |
| 10 | 4,00 | 4,00 | 0 | 0 |

Fonte: autor, 2020.

A qualidade das imagens obtidas a partir do sobrevoo gerou um ótimo produto final, onde conseguimos identificar com precisão os limites dos imóveis. No ponto 8 não houveram diferença entre a medida coletada in loco e a medida realizada no programa, figura 10, assim como identificar o material da superfície.

Figura 11 – medição do ponto 8.



Fonte: autor, 2020.

Em uma análise qualitativa, no ponto 1 consegue-se diferenciar uma calçada composta por piso intertravado e grama, figura 11. Assim como no ponto 4 é possível visualizar uma calçada totalmente pintada de verde, o que poderia ser confundido com um espaço de vegetação, podemos aferir que é de fato concreto pintado. Essa sensibilidade de cores e detalhes proporcionam ainda mais confiabilidade aos dados coletados, uma vez que as superfícies são facilmente identificadas e metrificadas.

Figura 12 – identificação de superfícies no ortomozaico e no local.



Fonte: autor, 2020.

5. CONCLUSÃO

Para a obtenção de imagens da superfície terrestre, foi utilizada nessa pesquisa a ferramenta VANT. A proposta se torna promissora quando é colocado em foco a agilidade, a precisão e a versatilidade da coleta dos dados. Além disso, estabelece padrões elevados em termos de resolução temporal e espacial, visto que oferece uma a possibilidade de uma revisita rápida para a obtenção de maior nível de detalhamento da área imageada, o que possibilita um rápido esclarecimento de pontos duvidosos na fase de vetorização dos mapas.

A avaliação do ortomozaico, gerado a partir da captura de imagens e sensores instalados no VANT mostrou-se positiva, uma vez que é possível identificar com detalhes o material presente na superfície do solo. Apesar de algumas arestas de edificações apresentarem um baixo nível de descontinuidade, todo o processo de levantamento de dados tornou-se muito mais rápido e com um menor custo.

O cálculo do coeficiente de deflúvio específico da quadra 504 sul, de Palmas – TO, só se tornou viável graças ao uso do veículo aéreo não tripulado. A metrificação e identificação das áreas

estudadas demanda um nível muito alto de resolução na captura de imagens, o que não seria possível em uma situação onde não houvesse contato com essa tecnologia.

A divergência das medidas coletadas em campo, da calçada de passeio de pedestre, e as medidas realizadas no software ArqGis 10.8 foram pequenas. Em dois pontos não houveram diferença, e a maior foi de 2,28%, o que indica uma excelente precisão na coleta de dados, subsidiando assim o nosso cálculo do coeficiente de deflúvio.

A metodologia aplicada demonstrou agilidade, precisão e menores custos com o uso ferramenta VANT, que possibilita o cálculo exato do coeficiente de deflúvio da região. Na implantação ou adaptação da rede de drenagem urbana é essencial o uso de dados que condizem com a realidade do local onde está sendo feita a intervenção, ou que seja calculado de forma a prever o crescimento urbano na região.

Visto que a ferramenta possui ótima aplicabilidade no cálculo do coeficiente específico da área de estudo e, possui confiabilidade nos dados processados, essa tecnologia não visa substituir a metodologia tradicionalmente utilizada para esse tipo de levantamento, e busca sim otimizar os resultados.

6. REFERÊNCIAS

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE TUBOS DE CONCRETO - ABTC. **História da pesquisa dos valores do coeficiente de manning.** São Paulo, 2004

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.

BESSA, K.; OLIVEIRA, C. F. P. Ordem e desordem no processo de implantação de Palmas: a capital projetada do Tocantins. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 21, n. 2, p. 497-517, agosto. 2017. ISSN 2179-0892.

BOTELHO, M. H. C. **Águas de chuva:** Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3ª Ed. São Paulo: Blucher, 2011.

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.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem.** Rio de Janeiro, 2005

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: 05 out. 2020

FCTH. **Manual do Modelo Hidrológico CABC,** Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, FCTH, São Paulo, 1999.

_____. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005.

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.

PENMAN, H.L. **Vegetation and hydrology.** London: Commonwealth Agricultural Bureau, 1963. 124 p. (Technical communication, 53)

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. **Hidrologia básica**. São Paulo: Editora Blücher, 1976.

ROCHA, I. L.; NOGUEIRA, N. F.; NOGUEIRA, E. C.; ABREU, L. P. **Identificação das estruturas de macrodrenagem do Município de Riacho Frio-PI**. Anais do IX Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, São Luis, 2014

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.

SOUZA, L. B. **Novas cidades, velhas querelas episódios pluviais e seus impactos na área urbana de Palmas 2009/ 2010**. Mercator, v.9, n.1, dez 2010, p.165-177.

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.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. (Org.); BARROS, M. T. (Org.). **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade – UFRGS e Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 1995.