

UTILIZAÇÃO DE IMAGEAMENTO AÉREO COMO SUPORTE NA ANÁLISE DE CUSTOS DE REDES COLETORAS DE ESGOTO

SERGIO CARLOS BERNARDO QUEIROZ,
DÊNIS CARDOSO PARENTE,
KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA.

ABSTRACT - The present work aims to analyze the applicability of aerial images obtained with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in decision making regarding the choice of sewage collection network in a sector of the city of Palmas - TO. In order to arrive at a cost comparison between simple and double network that meets the necessity of sewerage of the sector studied. Through orthorectified images, it was specifically pointed the types of coverings, quantitative, for the items of demolition, removal and restoration of pavements and sidewalks. The usage of these images aimed to assess the accuracy in the budget of projects of these networks, since the practice used for the preparation of the budgets is made through visual inspection in loco or by estimation, being an expensive, slow and imprecise practice. The studied tool proved to be efficient, as it is possible to verify, with the resolution adopted for the images, the types of coating, precision in the quantitative survey through the orthomosaic.

KEYWORDS - Unmanned aerial vehicle (UAV); Budget; Sewage collection network; Sewer.

I. INTRODUÇÃO

Dentre as alternativas existentes para a execução de redes coletoras de esgoto sanitário, o método destrutivo é a alternativa tradicional e mais utilizada. Esse método consiste na escavação de valas ao longo de toda a extensão da rede projetada, onde o sistema de tubulação é instalado de maneira direta na trincheira sobre um berço com materiais adequados [1].

As condições para execução das referidas redes são estabelecidas pela [2]. A norma estabelece diretrizes para remoção do pavimento, abertura da vala, esgotamento, escoramento, assentamento, preenchimento da vala e a recomposição dos pavimentos e passeios.

Além da escolha quanto à prática de execução das redes, pelo método destrutivo ou não destrutivo, deve-se optar ainda por redes simples ou redes duplas. Conforme [2] as tubulações de redes simples devem ser locadas no terço mais favorável às ligações, enquanto as redes duplas devem ser lançadas o mais próximo possível do meio fio, havendo espaço disponível, preferencialmente no passeio.

Segundo [3], as características de cada revestimento existente, seja asfalto, calçadas, pavimento intertravado etc., ditam as práticas de remoção e recomposição, que consequentemente refletem no custo das obras. A identificação e o levantamento do quantitativo dos trechos pavimentados e calçados onde a rede projetada irá interseccionar precede a elaboração dos orçamentos e são feitos por meio de inspeção visual in loco, uma prática dispendiosa e lenta.

Haja vista que os orçamentos de obras consistem na transformação em custo dos detalhes de projetos, deve-se sempre elaborá-lo antes da execução das obras, pois, por meio dele tem-se uma previsão do custo da obra, dando então o embasamento de viabilidade do objeto em questão [4].

Inserido nesse cenário o uso de tecnologias, o levantamento de informações geográficas e imageamento aéreo, têm se despontado como ferramenta auxiliar para fins civis e científicos. Segundo [5], os veículos aéreos não tripulados (VANTs) apresentam-se como uma alternativa potencial no processo de obtenção de imagens que auxiliam na identificação e caracterização de superfícies, cobertura e uso do solo.

Em trabalho desenvolvido por [3] utilizando imagens aéreas na prática de orçamentação de redes, o autor verifica que o refinamento da resolução utilizada no processo de obtenção das imagens trouxe uma riqueza de detalhes que permitiu em alguns casos, além da especificação do material, a distinção dos formatos das peças utilizadas em pavimento intertravado e até mesmo seu estado de conservação.

Como unidade amostral para desenvolvimento da presente pesquisa, foi tomado um setor na região sul da cidade de Palmas – TO, ainda não contemplado com projetos de rede de abastecimento e esgotamento sanitário. Sobre a imagem aérea da área sobrevoada foram lançados dois modelos de encaminhamento de redes, uma com arranjo de rede simples e outra com arranjo de rede dupla, todas atendendo as mesmas sub-bacias.

Foram confrontadas dimensões e identificações dos tipos

de revestimento dos passeios e vias obtidas pelo ortomosaico de imagens com os dados de campo, objetivando avaliar a confiabilidade dos referidos quantitativos e especificações extraídos pelo sensor acoplado ao Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT).

II. METODOLOGIA

Buscando atingir os objetivos propostos, a metodologia experimental aplicada comparou custos de redes coletoras de esgoto orçadas com base em quantitativos e especificações obtidas por imagem aérea.

A. ÁREA DE ESTUDO

Para desenvolvimento da presente pesquisa foi tomado como objeto um setor na região sul da cidade de Palmas – TO ainda não contemplado com projetos de rede coletora de esgoto. Mesmo sem projeto previamente elaborado, foram lançados sobre a mesma área dois arranjos hidráulicos de rede de coleta, um deles simples, atendendo os dois lados das vias, e outro arranjo duplo atendendo os dois lados de cada via.

Procurando isolar as variáveis de projeto, foi adotado o mesmo sentido de fluxo, as mesmas quadras internas a serem atendidas, distância padrão de 50m entre poços de visita, um diâmetro mínimo de 150mm e profundidade média de 1,60m para as redes.

O setor Bertaville, área definida como objeto da pesquisa, possui uma área de aproximadamente 60 ha e está localizado na região sul da cidade de Palmas - TO. A escolha se justifica pelo fato de ser uma área em processo inicial de ocupação e com serviços de infraestrutura, como asfalto e calçamento já executados, subsidiando assim o alcance dos objetivos propostos.

B. VANT EBEE E SOFTWARES PARA VOO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Para a coleta das imagens foi utilizado o veículo aéreo modelo eBee, certidão de cadastro N° PP-220920032 (Figura 1), de fabricação suíça, envergadura de 96 cm (38 pol) e autonomia de voo em torno de 30 min. É composto por uma hélice na traseira e sua construção em espuma permite flexibilidade e leveza (700 gramas -1,5 lbs), resultando na redução do consumo energético. 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.

O planejamento de voo é elaborado por meio da estação base, desenvolvida pela mesma fabricante da aeronave (senseFly), 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,



Figura 1. Veículo aéreo não tripulado modelo eBee.

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 ortoretificados, a aeronave também dispõe de software específico, o Pixel4D (senseFly). Nesse processo, os pontos capturados pelo GPS da aeronave são associados a cada uma das imagens.

C. DISPOSITIVO DE CAPTAÇÃO DE IMAGEM (CÂMERAS)

A câmera utilizada na captura das imagens, modelo Canon RGB S110, reuniu características adequadas e compatíveis com o sistema eBee e o aplicativo de formação de ortomosaico. Dispunha de 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 3 quadros por segundo.

D. PLANEJAMENTO DO VOO E AQUISIÇÃO DAS IMAGENS

O plano estabelecido para a presente pesquisa vislumbrou a obtenção de imagens que garantissem melhor distinção dos objetos na superfície e maior exatidão no levantamento de áreas de passeio e pavimento. Para tanto foi feito um único sobrevoo a uma altura de 120 m com sobreposição das imagens da ordem de 60% na longitudinal, 75% na lateral e resolução de 3,4 cm/pixel, resultando em sobrevoo com duração de aproximadamente 30 min.

O método procura garantir que as faixas possam ser “amarradas” pelos pontos de ligação determinados na área comum e formem um bloco.

E. MONTAGEM DO ORTOMOSAICO

O mosaico devidamente georreferenciado foi obtido após uma série de etapas, que envolveram a remoção dos erros e distorções causadas pelo processo de aquisição das imagens, e visou orientar as imagens com relação às outras e com relação à cena completa.

Esse processamento das imagens foi feito a partir das informações do GPS do VANT e de algoritmos próprios capazes de encontrar automaticamente os pontos de enlace entre as fotos, gerando ortomosaicos em formato tif, DEM (Digital Elevation Model – Modelo Digital de Elevação), modelo triangular 3D e nuvem de pontos georreferenciadas.

Sua obtenção possibilita o levantamento de dados mensuráveis, como área e volume, facilitando a identificação de pontos imageados.

F. LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO E POR MEIO DO MOSAICO

Haja vista que as redes coletoras podem ser localizadas tanto no passeio, como no arruamento, para a obtenção dos dados levantados em campo e por meio do mosaico, foram escolhidos de forma aleatória 10 pontos na área imageada, sendo 5 trechos em ruas e avenidas e 5 trechos em passeio, de modo que a unidade amostral trouxesse diferentes tipos de revestimento, subsidiando assim a aferição da confiabilidade da ferramenta no levantamento proposto.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. FOTOINTERPRETAÇÃO DAS IMAGENS

O resultado do processamento das imagens resultou em um mosaico com boa qualidade de resolução, o que facilitou a identificação dos tipos de revestimentos e precisão nas medições. Com o mosaico foi possível se obter detalhes da especificação do material e até a distinção dos formatos das peças utilizadas, como pode ser observado também na Figura 2.



Figura 2. Detalhe em mosaico de calçada em intertravado.

Em mais um trecho extraído do mosaico pode-se observar a presença de calçadas em concreto pintadas (Figura 3).



Figura 3. Detalhe em mosaico de calçada em intertravado.

B. METRAGEM DOS TRECHOS EM VIAS E PASSEIOS

Os comprimentos de vias e passeios tomados como unidades amostrais na verificação da precisão no levantamento, estão dispostos na tabela 1.

Tabela 1. Variações em dimensões tomadas como amostragem.

Pont	Revesti-mento	Dimensã (M) (Campo)	Dimensã (M) (Imagem)	Vari-ação (M)	Dife-rença (%)
1	Asfalto	6,80	6,84	-0,04	-0,59%
2	Asfalto	6,00	5,95	0,05	0,83%
3	Asfalto	6,60	6,58	0,02	0,30%
4	Terra	4,85	4,87	-0,02	-0,41%
5	Terra	6,62	6,59	0,03	0,45%
6	Terra	6,53	6,57	-0,04	-0,61%
7	Concreto	6,82	6,86	-0,04	-0,59%
8	Concreto	7,65	7,68	-0,03	-0,39%
9	Inter-travado	6,34	6,38	-0,04	-0,63%
10	Inter-travado	6,39	6,35	0,04	0,63%

Ao confrontar os dados de travessias em asfalto e de passeios, percebe-se que a variação máxima entre os valores de passeio e travessias em pavimento foi da ordem de 4,0 cm, que pode ter sido causada pela projeção da sombra de obstáculos, o que dificultou o levantamento das medidas em alguns pontos no mosaico.

Em algumas situações o aspecto supracitado pode interferir e ser o fator limitante na precisão do levantamento das medidas, ou seja, a posição do sol no horário dos voos é responsável pela projeção das sombras, seja qual for a superfície. Como forma de coibir tais interferências, pode-se planejar voos com maior sobreposição do trajeto e em horários entre as 10h e 11h da manhã.

Mesmo diante das dificuldades encontradas, pode-se observar que a variação percentual individual não ultrapassou 1,0%, o que atesta o grau de confiabilidade do uso de imagens obtidas por meio de veículo aéreo não tripulado no levantamento dos quantitativos de serviços para as obras de redes coletoras.

C. CUSTOS DAS REDES

Tomando como base de custos as tabelas de composições da concessionária de saneamento local e os quantitativos de corte e recomposição de passeios e pavimento, foram obtidos os orçamentos para os dois modelos de rede. Em suas concepções as redes simples e dupla apresentam comprimentos de 8.132m e 12.575m respectivamente.

A quadra estudada encontra-se toda asfaltada e com 80% de seus passeios em terreno natural com os 20% restante dos calçamentos em concreto desempenado, pavimento intertravado e grama. Tais quantitativos foram levantados no mosaico gerado pelas imagens.

O custo global das redes a serem implantadas apresentaram uma variação de custo considerável. A rede dupla se mostra mais cara, com um percentual de 14% acima do custo da rede simples, contemplando a mesma área. A tabela 2 trás o orçamento sintético dos serviços para execução da obra.

Tabela 2. Orçamento sintético das redes lançadas no mosaico.

ITEM	R\$ REDE DUPLA	R\$ REDE SIMPLES
Serviços preliminares	R\$ 21.063,29	R\$ 21.063,29
Serviços técnicos	R\$ 84.507,00	R\$ 71.558,96
Sinalização/ advertência	R\$ 14.580,11	R\$ 9.294,53
Movimento de terra	R\$ 697.081,16	R\$ 512.486,46
Remoção / composição de pavimento em ruas e avenidas	R\$ 37.916,88	R\$ 693.524,63
Substituição de solo p/ recomposição de pavimento	R\$ 8.490,45	R\$ 174.374,22
Remoção/ recomposição de passeio	R\$ 647.582,56	R\$ -
Escoramento de valas	R\$ 275.599,43	R\$ 173.802,52
Poços de visita	R\$ 577.271,04	R\$ 369.814,26
Carga, transporte e descarga (c.t.d)	R\$ 11.465,70	R\$ 35.535,53
Montagem	R\$ 55.743,72	R\$ 35.535,53
Parte hidráulica	R\$ 34.320,10	R\$ 21.873,73
TOTAL	R\$ 2.465.621,44	R\$ 2.118.863,66

Muito embora haja essa diferença de custo entre as redes, deve-se pensar ainda nos ramais de ligações que interligam a rede propriamente dita ao domicílio a ser atendido.

Ramais de redes simples são mais longos, haja vista que uma única linha de tubulação executada no arruamento deverá atender os dois lados da via. Por partirem da rede, localizada no asfalto, seguindo até o limite do lote, a execução dos ramais gera corte e recomposição tanto de asfalto quanto de passeio revestido, o que não ocorre nas redes duplas executadas nos passeios. A figura 4 mostra a diferença de comprimento entre as duas situações.

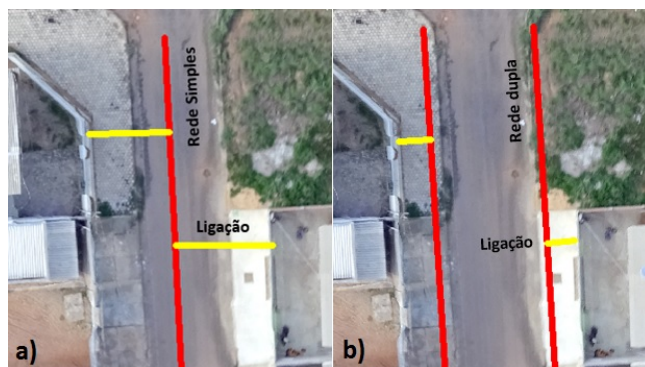


Figura 4. Ligações lançadas em rede simples e dupla, mostrando variação no comprimento dos ramais.

Ambas as concepções foram lançadas para atender 1.100 ligações potenciais, ou seja, com edificações gerando esgoto doméstico. Os comprimentos de ramais para cada uma das concepções de rede foram de 6,0m para ligações em rede simples e 2,0m para ligações rede dupla, variação ocasionada pela distância entre as redes e os pontos a serem esgotados.

Orçadas as ligações domiciliares com seus respectivos comprimentos de ramais, quantitativos de corte e recomposição de pavimento, chegou-se aos valores por unidade de ligação apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Custo total das ligações domiciliares.

	Quantidade de ligações	R\$/ligação	Total
Ligação rede simples	1.100,00	R\$ 990,71	R\$ 1.089.781,00
Ligação rede dupla	1.100,00	R\$ 439,04	R\$ 482.944,00

Ligações domiciliares são executadas de forma conjunta com as redes, ou seja, seus valores são incorporados ao valor total da obra de esgotamento dos setores habitados.

Os valores totais de cada uma das redes orçadas aqui com suas respectivas ligações podem ser observados na tabela 4.

A rede dupla em sua concepção completa, incluindo ligações, passa a ser aproximadamente 8,1% mais barata que a rede simples.

Tabela 4. Custo total com redes e ligações.

	R\$ Total Ligações	R\$ Total Rede	Total
Rede Simples	1.089.781,00	R\$ 2.118.863,66	R\$ 3.208.644,66
Rede Dupla	482.944,00	R\$ 2.465.621,44	R\$ 2.948.565,44

IV. CONCLUSÃO

A utilização de imagem aérea para os fins propostos nesta pesquisa agregou agilidade e exatidão na quantificação de serviços para execução de redes, maximizando as informações por meio de imagens georreferenciadas, que poderão ser consultadas no momento oportuno, possibilitando o esclarecimento de incertezas presentes na fase de orçamentação das obras.

Para a situação descrita, em mesmas condições de profundidade de valas, material hidráulico, diâmetro de tubulação, condições de revestimento de vias e passeios, as redes duplas se mostram como solução mais viável economicamente.

É importante, portanto, ressaltar que situações de vias não pavimentadas e passeios mais caros, com revestimento cerâmico, ladrilho e pedras ornamentais, podem interferir no custo das redes e devem ser analisados de forma específica.

A metodologia mostrou-se promissora, apresentando resultados rápidos e precisos, podendo ser utilizada como subsídio na prática de tomada de decisão para projetos e orçamentação das obras de redes coletoras de esgoto sanitário.

Referências

[1] DEZOTTI, M. C. Análise da utilização de métodos-não destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infraestruturas urbanas subterrâneas. 2008. 231 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde-03102008-000200/.../diss_mcd.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2016.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.

[3] PARENTE, D. C.; LIMA, S. N.; PICANÇO, A. P. 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, 2017.

[4] SEVERO, R. D. Orçamento em obras de saneamento. Porto Alegre: Technique Engenharia, 2014. 47 slides, color. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/4453617-Orçamento-em-obras-de-saneamento-como-garan4r-um-bom-etalhamento-de-custos.html>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

[5] SILVA, J. S.; ASSIS, H. Y. E. G.; BRITO, A. V.; ALMEIDA, N. V. VANT como ferramenta auxiliar na análise da cobertura e uso da terra. In: X Congresso Brasileiro de Agroinformática, 2015.

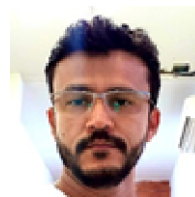
[6] GIUFFRIDA, F. Property Drone Consortium. Potential Uses and Considerations Regarding the Use of UAS Technology in Assessment. 2015. Disponível em: <<http://propertydrone.org/wp-content/uploads/2017/01/Potential-Uses-and-Considerations-Regarding-the-use-of-UAS-Technology-in-Assessment-c.pdf>>. Acesso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

[7] Nishar, A., Richards, S., Breen, D., Robertson, J., Breen, B. (2016), "Thermal infrared imaging of geothermal environments and by an unmanned aerial vehicle (UAV): A case study of the Wairakei - Tauhara geothermal field, Taupo, New Zealand", Renewable Energy 86 (2016) 1256 - 1264.

[8] BREEN, B.; BROOKS, J. D.; JONES, M. L. R.; ROBERTSON, J.; BETSCHART, S.; KUNG, O.; CARY, S. C.; LEE, C. K.; POINTING, S. B. Application of an unmanned aerial vehicle in spatial mapping of terrestrial biology and human disturbance in the McMurdo Dry Valleys, East Antarctica. Polar Biol, (2015) 38:573–578.



SERGIO CARLOS BERNARDO QUEIROZ
Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2003). Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2010). Doutorado em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (2019). Atualmente é professor Adjunto do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins - UFT. Atua como consultor na área de projetos de saneamento.



DÊNIS CARDOSO PARENTE
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e Engenheiro Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Atua como professor nos cursos de engenharia civil do CEULP/ULBRA e arquitetura e urbanismo da UFT. Como analista desenvolve atividades como consultor na área de orçamento de obras de saneamento, construção civil e licenciamento ambiental.



KENIA PARENTE LOPES MENDONÇA
Graduada em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (1993). Especialista em Saneamento Ambiental pela Fundação Universidade do Tocantins (2003). Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (2019). Sócia-proprietária da empresa SIG-Serviços de Infraestrutura e Geotecnia Ltda. desde 2000. Coordenadora do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Luterano de Palmas a partir de janeiro de 2016.