

# **Aplicação da tecnologia de medição por VANT para verificação da acurácia na determinação de volume em pilhas de resíduos de vidros**

**Andriele Karla Feitosa Moreira**

akfm@discente.ifpe.edu.br

**Aramis Leite de Lima**

aramisleite@recife.ifpe.edu.br

**Aryanna Barbosa de Araújo Gonzaga**

aryannagonzaga@recife.ifpe.edu.br

---

## **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo verificar a aplicabilidade de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) para determinação do volume de pilhas de resíduos de vidros em comparação ao levantamento convencional realizado por meio de receptores Global Navigation Satellite System (GNSS) com tecnologia Real Time Kinematic (RTK). Tal delineamento se deu a fim de verificar a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos com as duas modalidades propostas. A pesquisa foi realizada em uma fábrica de vidros localizada no município de Goiana-PE. Inicialmente foi realizado um levantamento topográfico com a tecnologia VANT mediante um plano de voo pré-estabelecido para a determinação da pilha de resíduos de vidros. Ao término do voo automatizado, os dados obtidos foram processados resultando no Modelo Digital de Terreno – MDT. Em seguida foi realizado o levantamento topográfico convencional com os receptores do Sistema de Navegação Global por Satélites – GNSS com o método de Posicionamento Cinemático em Tempo Real – RTK (Real Time Kinematic), os dados foram processados, resultando em um plano cotado georreferenciado. Para verificação da precisão, tomou-se por referência os dados obtidos com a tecnologia GNSS por meio do seu Plano Cotado Georreferenciado e os dados obtidos pela tecnologia VANT por meio do seu Modelo Digital do Terreno (MDT). Conclui-se que os resultados alcançados pela tecnologia de medição por VANT foram satisfatórios para a determinação de volume em pilhas de resíduos de vidros.

Palavras-chave: VANT. Drone. GNSS. RTK. Precisão. MDT. Plano cotado. Levantamento topográfico convencional. Resíduos de vidro. Topografia.

## ABSTRACT

The present study aimed to verify the applicability of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for determining the volume of glass waste stacks in comparison to the conventional survey carried out using Global Navigation Satellite System (GNSS) receivers with Real Time Kinematic technology (RTK). Such design was made in order to verify the precision and reliability of the results obtained with the two proposed modalities. The research was carried out in a glass factory located in the city of Goiana-PE. Initially, a topographic survey was carried out with the UAV technology using a pre-established flight plan to determine the pile of glass residues. At the end of the automated flight, the data obtained were processed resulting in the Digital Terrain Model - DTM. Then the conventional topographic survey was carried out with the receivers of the Global Navigation Satellite System - GNSS with the Real Time Kinematic Positioning method - RTK (Real Time Kinematic), the data were processed, resulting in a georeferenced quoted plane. To check the accuracy, the data obtained with the GNSS technology by means of its Georeferenced Plan and the data obtained by the UAV technology by means of its Digital Terrain Model (DTM) were used as reference. It is concluded that the results achieved by the UAV measurement technology were satisfactory for the determination of volume in piles of waste glass.

Keywords: UAV. GNSS. Drone. RTK. Precision. DTM. Quoted plan. Conventional topographic survey. Glass waste. Topography.

---

## 1 INTRODUÇÃO

No desenvolvimento socioeconômico de uma determinada localidade muitas atividades exigem levantamentos destinados ao reconhecimento e a coleta de informação sobre a área. A topografia auxilia nesse trabalho com diferentes metodologias para realizações desses levantamentos, a obtenção de dados através da estação total (ARANGO e MORALES, 2015) e o uso do Global Navigation Satellite System (GNSS) são alguns dos métodos convencionais.

A medição de volumes e áreas está relacionada com diversas atividades na engenharia civil, contudo, levantamentos convencionais podem exigir o uso de diferentes equipamentos e equipes, podendo deixar o processo longo, trabalhoso e

aumentar o seu custo (RAHMAN, 2017).

Atualmente, é comum e necessário que se busque por processos mais ágeis e ferramentas tecnológicas que facilitem as realizações das tarefas. Neste cenário a obtenção de imagens áreas através de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) têm se popularizado em diversas atividades da engenharia (RAEVA, 2016). Através deste instrumento, uma considerável porção espacial pode ser rapidamente visitada, mapeada e estudada, com um baixo custo operacional, facilitando outras etapas a serem desenvolvidas em projetos e pesquisas (BARROS et al., 2017).

Com as imagens obtidas com VANT é possível não só identificar visualmente características da área, como realizar medições de área e volume de materiais ou estruturas construídas.

Inicialmente utilizado para fins militares, hoje seu uso é vasto e está sendo difundido em diversos campos, com o objetivo de gerar eficiência em diferentes aplicações, sendo uma de suas principais vantagens o baixo custo de operação e a flexibilidade na aplicação (MOKROS, 2016).

No setor da engenharia, é possível identificar diversos estudos que demonstram a importância da implementação de uma ferramenta de VANT nas atribuições cotidianas dos pesquisadores, como Lisboa et al. (2018), que identificaram uma efetividade em utilizar drones, como também é conhecido o equipamento, para a inspeção de edificações. Vantagens também foram observadas no estudo de Silva et al. (2016) que verificaram a exatidão no cálculo da capacidade de volume de pilhas de rejeitos, utilizando 3 diferentes métodos de dimensionamento, sendo: VANT, GNSS e Light Detection And Ranging (LiDAR). A partir deste estudo, os autores concluíram que, dentre os métodos empregados, o que utilizou VANT como instrumento de registro das informações apresentou uma maior precisão nos dados, quando comparado com o resultado dos outros dois métodos. A partir desta perspectiva, é possível identificar um relevante potencial científico em utilizar VANT como tecnologia de medição para outras áreas de pesquisa.

Neste sentido, faz-se necessário estudar a aplicação da tecnologia de levantamento por VANT, para identificar a precisão e eficácia na medição de diversos volumes oriundos de serviços da engenharia civil, com o objetivo de compará-la a tecnologias mais usuais e disseminar seus resultados.

## 1.1 Objetivos

O estudo teve como objetivo determinar a acurácia na medição de volumes de resíduos de vidro por tecnologia VANT em uma fábrica de vidros localizada no município de Goiana-PE, verificando a precisão por meio da coleta de dados com esta tecnologia.

Para verificação da precisão, tomou-se por referência os dados obtidos com a tecnologia GNSS com o método de Posicionamento Cinemático em Tempo Real – RTK (Real Time Kinematic), método já difundido e confiável.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Levantamento topográfico convencional

A medição volumétrica, no setor da engenharia, é feita predominantemente através de levantamentos topográficos. A estação total, um dos equipamentos topográficos mais utilizados, costuma ser empregado para levantamentos planialtimétricos a fim de registrar todas as informações referentes às medidas angulares de uma determinada área (BUSNELLO et al., 2015). Outro método utilizado mais recentemente é a tecnologia GNSS (SILVA, 2016).

Tal metodologia conta com receptores que fornecem informações georreferenciadas com rastreamento de Sistema de Posicionamento Global (GPS) e Sistema de Navegação Global via Satélite em russo (GLONASS) onde, após o processamento das informações, registra-se os dados topográficos de uma determinada área.

Alguns autores buscam analisar a eficácia das duas ferramentas para o levantamento topográfico (BOTELHO et al. 2009; GARNÉS et al. 2013; SILVA et al., 2016 entre outros). Entretanto, a acurácia dos dados variam de acordo com as metodologias e sensores a serem aplicados.

## 2.2 VANT

Segundo a ABA - (Associação Brasileira de Aeromodelismo), a definição para Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) é: “um veículo capaz de voar na atmosfera, fora do efeito de solo, que foi projetado ou modificado para não receber um piloto humano e que é operado por controle remoto ou autônomo”. No cenário comercial os VANTs são popularmente conhecidos através do termo “drone”. Tais equipamentos costumam ser equipados com um sistema automatizado chamado “Autopilot”, câmera fotográfica de alta resolução e receptor GNSS, responsável pela captura do centro perspectivo na tomada da fotografia, e estes acabam por possibilitar o voo automatizado pelos VANTs. Contam ainda com o IMU - Inertial Measurement Unit, que permite a determinação dos parâmetros de altitude de cada imagem tomada durante o voo e um link de rádio que permite o controle remoto da aeronave (KOMAZAKI et al., 2017).

Uma das principais características que definem a utilização de VANTs para diversas atividades, consiste no fato de que, por meio desses instrumentos, é possível operar diversas funções em espaços de difícil acesso. Acrescenta-se ainda que ações que envolvem o uso de VANTs possuem um baixo custo devido à praticidade de sua operacionalização sem a necessidade de grandes

recursos profissionais e financeiros (FERREIRA, 2014).

No meio comercial, existe uma infinidade de modelos de VANTs correspondentes as finalidades que se desejam alcançar, sejam elas recreativa, profissional, militar entre outras. Segundo Furtado et al. (2018), esta ferramenta pode ser utilizada para contribuir com diversos setores da nossa sociedade, tais como: monitoramento e controle de desmatamentos e queimadas, vigilância de fronteiras e áreas com a ocorrência de atividades criminosas, transporte de cargas entre outros. Sendo assim, é possível identificar diversos estudos que constataam as vantagens de se implementar VANTs para análises voltadas para coleta e verificação de dados espaciais: (JORGE et al. 2011; CÂNDIDO et al. 2015 entre outros).

### 2.2.1 Modelos de VANTs

Em um estudo realizado pela Secretaria de Desenvolvimento e Competitividade Industrial -SDCI (BRASIL, 2017), os VANTs podem ser basicamente definidos a partir de duas características básicas: RPA (Aeronave Remotamente Pilotada) e Aeronave Autônoma.

A diferenciação entre os dois modelos mencionados se restringe ao modo operacional de voo das aeronaves. Isto é, RPAs dependem de um controle a ser realizado remotamente por um indivíduo que irá direcionar instantaneamente as operações e manobras a serem realizadas. Já as Aeronaves Autônomas, realizam voos e manobras previamente programadas sem uma intervenção externa durante sua realização.

Além dessas características funcionais, os VANTs possuem duas outras diferenciações, estas relacionadas à sua estrutura: modelos de asa rotativa, fixa ou híbrida (BORGES et al., 2017). Os VANTs de asa rotativa possuem estrutura semelhante ao de um helicóptero, com hélices que auxiliam na execução do voo. As asas fixas possuem plataforma com asas similares às asas de um avião convencional. Por fim, as híbridas possuem asas rotativas e fixas concomitantemente, com variações de estilo a depender de cada modelo projetado.

### **2.2.2. Aplicabilidade dos VANTs**

A partir dos dois modelos de VANTs, é possível identificar suas aplicações em diversos setores da nossa sociedade. Na área da agricultura, o uso de tecnologias se torna cada vez mais uma realidade constante. Nos últimos tempos a área contou com relevantes contribuições advindas da implementação de VANTs para diversas funções.

De acordo com Jorge & Inamasu (2014), para o estudo de agricultura de precisão, os VANTs podem ser equipados com sensores que conseguem mensurar e quantificar as medidas de reflexão da radiação eletromagnética de uma determinada área e analisar as propriedades existentes no solo: estado fisiológico dos compostos vegetais, condição do solo entre outros. Em outra obra que buscava identificar o uso e ocupação do solo em territórios agrícolas, Cândido et al. (2015) utilizaram a tecnologia VANT com o auxílio de sensores para obter imagens de alta resolução espacial e constataram uma relevante eficácia e precisão na coleta das informações.

No setor de infraestrutura e construção, constantes métodos e técnicas são desenvolvidos e contribuem de forma significativa na dinamização e praticidade para realização de variados procedimentos específicos. Em uma recente pesquisa comparativa, Garcia (2019) identificou que, para acompanhamento de obras de pavimentação, o uso da tecnologia VANT apresenta resultados mais rápidos e práticos quanto comparado com o método convencional através da aplicação de estação total e visitas técnicas. O uso de VANT se mostra também como uma eficaz alternativa para o levantamento planialtimétrico de variados territórios. De acordo com Rodrigues & Gallardo (2018) a aplicação de VANT para levantamentos topográficos apresenta a possibilidade de coletar uma enorme quantidade de dados em um curto tempo, proporcionando segurança para o profissional e uma eficaz precisão nas informações.

A importância da aplicação da tecnologia de VANT no setor de infraestrutura e construção também é corroborada pelo trabalho realizado por Silva et al. (2016) que constataram que a tecnologia de VANT apresenta uma maior acurácia no cálculo do volume de pilha de rejeitos quando comparado com métodos utilizando GNSS e LiDAR. O uso de VANT para o cálculo do volume de pilhas é reforçado também pelo trabalho de Arango & Morales (2015) que constatam uma maior precisão nos resultados quando comparado com métodos convencionais realizados com o método da estação total.

Diante dessa perspectiva, é possível observar importantes contribuições que a tecnologia VANT constantemente oferece para diversos

setores do campo científico, em especial para área de construção.

### 2.2.3 Regulamentação

No território brasileiro, existem 3 órgãos que regulamentam e controlam o uso de drones, são estes: Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) e a Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Em 2017 a ANAC elaborou uma norma de regulamentação com algumas orientações e exigências para a utilização de drones. A agência tipifica os VANTS a partir de 3 classes que levam em consideração o peso dos produtos. Segundo a ANAC (BRASIL, 2017), classe 3 corresponde a veículos com peso de 250 gramas até 25 quilos, com permissão para voos de até 120 metros de altura e, para sua utilização, é necessário realizar cadastro prévio no endereço eletrônico da agência.

A classe 2, entretanto, se refere a veículos com peso maior que 25 e até 150 quilos, com exigências de cadastro no endereço da instituição, ser operado por indivíduos com idade mínima de 18 anos, certificado médico, licença e habilitação para o operador. Por fim, veículos pertencentes a classe 1 possuem peso superior a 150 quilos e devem passar por processo de certificação semelhante ao das aeronaves tripuladas sendo necessário pelos operadores, realizar cadastro no Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB), obter certificado médico-aeronáutico e licença e habilitação específica.

O DECEA, por sua vez, é responsável por regulamentar o espaço aéreo operados não só por drones, mas por todos os veículos

aéreos. Através de normas e processos judiciais, o departamento aplica sanções administrativas para os pilotos que realizam operações que infrinjam as regras de acesso ao espaço aéreo brasileiro.

A ANATEL, por fim, executa ações de certificação e fiscalização na emissão de radiofrequência por parte dos veículos operacionalizados. De acordo com a ANATEL, a transmissão de radiofrequência emitida pelos drones pode causar interferência na comunicação de outros dispositivos aéreos, justificando então a obtenção da certificação e análise a ser concedida pela respectiva instituição.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em um pátio onde é feito a deposição de resíduos de vidros, possui uma área de abrangência de 1.472,304 m<sup>2</sup>, localizada em Goiana-PE.

Figura 01 - Pátio para deposição dos resíduos de vidro.



Fonte: Autora

A escolha de tal área de estudo se deu por esta apresentar as características necessárias para

aplicação da pesquisa, uma vez que a medição do volume das pilhas de resíduos de vidro por meio da tecnologia GNSS necessitaria do uso de equipamentos adicionais (plataformas de trabalho aéreo) para o acesso dos avaliadores, onerando o serviço e expondo os avaliadores a condições de riscos ocupacionais, enquanto que com o uso de VANT se condicionaria o levantamento de dados sem a necessidade da adaptação das condições do ambiente, sendo então uma oportunidade válida para a comparação entre as vantagens e desvantagens das duas tecnologias.

### **3.2 Instrumentos de avaliação e coleta de dados**

Para obtenção dos dados foram utilizados os instrumentos topográficos a seguir: Drone Phantom 4 Pro Dji para o levantamento topográfico com tecnologia VANT e GNSS RTK R4 Trimble para georreferenciamento dos pontos de controle e levantamento topográfico convencional.

Para processamento dos dados obtidos em campo e posterior obtenção dos resultados foram utilizados os seguintes softwares: Drone Deploy (Planejamento de voo), Pix4D 4.1 (Geração de Nuvem de pontos), Trimble Business Center (Agrupamento das Coordenadas, conversão e rotação de azimutes e transladação das Cotas) e QGis 3.6 (Apresentação de resultados).

### **3.3 Levantamento de dados da pilha de material, por tecnologia VANT e por levantamento topográfico convencional**

A obtenção dos dados para determinar a acurácia na medição do volume de resíduos de vidros, objeto deste estudo, foi realizada a partir dos

levantamentos de campo, utilizando-se as tecnologias VANT e GNSS. Os procedimentos necessários a aplicação de cada uma das referidas tecnologias encontra-se descrito nas subseções a seguir.

#### **3.3.1 Levantamento topográfico com tecnologia VANT**

Iniciado com a definição do plano de voo, posteriormente, foram efetuadas demarcações dos pontos de controle por meio da instalação de cruzetas em PVC e cadastramento desses pontos por receptores GNSS com tecnologia Real Time Kinematic - RTK para certificar a acurácia do levantamento.

Os pontos de controle possuem a função de ortorretificar, ou seja, realizar a correção das imagens durante o processamento dos dados aerofotogramétricos, possibilitando alcançar uma melhor precisão.

Realizado o cadastramento dos pontos de controle, foi definido o local de início do plano de voo, sendo definido para o levantamento completo, percorrer todo a área pré-estabelecida, e retornar para o local de partida.

Finalizada a execução do voo, ocorreu o processamento aerofotogramétrico, processo que possibilitou a obtenção do Modelo Digital de Terreno – MDT, através do software Pix4D 4.1.

#### **3.3.2 Levantamento topográfico convencional – Receptores GNSS RTK**

O levantamento topográfico convencional com receptor GNSS RTK iniciou-se com a instalação da base GNSS, permanecendo esta estática em todo levantamento. A base passou

então a receber os sinais dos satélites, calculando os parâmetros de correção e fazendo a comunicação através de rádio com o receptores GNSS móvel (Rover) que, ao receber os parâmetros, realizou as correções necessárias para sua posição fornecendo as coordenadas georreferenciadas dos pontos.

Após o levantamento em campo os dados foram descarregados para o software AutoCAD Civil 3D onde foi possível obter o plano cotado georreferenciado.

Figura 02 - Levantamento topográfico convencional – Receptores GNSS.



Fonte: Autora

### 3.4 Análise dos Dados

Para determinação da acurácia na medição de volumes de resíduos de vidro com a tecnologia VANT, se faz necessário validar o MDT. Esta validação é feita por meio do plano cotado georreferenciado onde o dado

altimétrico do plano cotado é comparado com o valor altimétrico extraído do MDT na posição planimétrica definida pelo plano cotado.

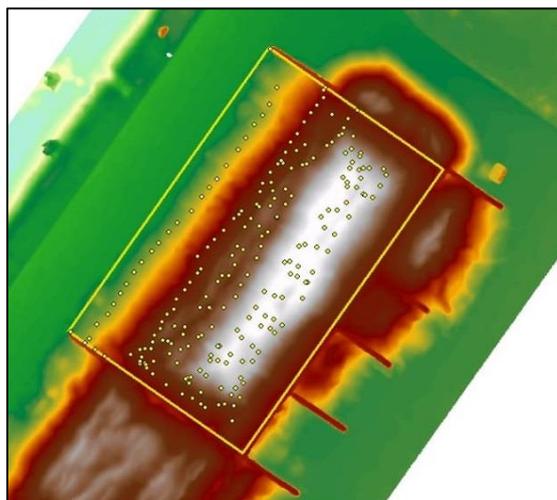
Desta forma são definidas discrepâncias altimétricas para cada ponto cotado. Essas discrepâncias altimétricas são a amostra populacional para se determinar informações sobre a variabilidade ou a dispersão dos dados pelo Desvio-Padrão da amostra.

Este Desvio-Padrão significa a discrepância da posição altimétrica absoluta, que é a diferença (deslocamento) entre a cota observada (cota do MDT) e a cota verdadeira (cota do plano cotado georreferenciado).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISE

Após processamento dos pontos cotados no Software QGis, foi possível obter a sobreposição dos resultados obtidos com os dois métodos (figura 03).

Figura 03 - Sobreposição das cotas do plano cotado georreferenciado com o MDT.



Fonte: Autora

Por meio da tabela 01 é possível verificar a análise dos 223 pontos cotados levantados em campo. Utilizando-se os valores das cotas do plano cotado georreferenciado e os valores das cotas do MDT do VANT, verificou-se a discrepância altimétrica entre os dois métodos, ou seja, a diferença, obtendo-se, a partir do módulo da discrepância, um desvio padrão de 11 cm de deslocamento, determinado a partir da equação (1).

Tabela 01 - Cálculo dos dados (GNSS e VANT).

Ponto	Cota GNSS (m)	Cota VANT (m)	Discrepância
1	121,021	121,623	0,602
2	121,600	121,606	0,006
3	121,059	120,906	0,153
4	121,054	120,891	0,163
5	121,045	120,841	0,204
6	121,040	120,769	0,271
...	...	...	...
Mín. Discrepância (m)	Máx. discrepância (m)	Desvio Padrão (m)	
0,000	1,174	0,11	

Fonte: Autora

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

(1): Equação do desvio padrão da amostra

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÕES

### 5.1 Considerações

A partir do presente estudo foram identificados fatores externos que podem influenciar no MDT, como por exemplo a acomodação do material, logo a fim de evitar deslocamento das pilhas de resíduos faz-se necessário realizar o levantamento dos dados pelos dois métodos no mesmo dia.

Ocorreram ainda, algumas dificuldades no levantamento decorrente da movimentação da plataforma de trabalho aéreo utilizada no levantamento dos dados com o GNSS pois, com a mobilidade reduzida, houve o aumento do tempo de levantamento para alcançar um número significativo de pontos, além de dificultar o fluxo de veículos que precisavam acessar a fábrica.

Além de afetar diretamente o custo em relação a linha de produção, há o custo do aluguel da plataforma que tornou-se mais caro em comparação a um serviço realizando por meio da tecnologia VANT.

### 5.2 Conclusões

Conclui-se que o desvio padrão de 11 (onze) cm no dado altimétrico, considerado baixo, é um valor satisfatório para medição volumétrica em matérias primas. Visto que, essa medida está abaixo das características de tamanho e acomodação do material.

Os resultados encontrados com a tecnologia VANT foram válidos e confiáveis para a determinação do volume em pilhas de resíduos vidros, conforme o esperado. Caso semelhante foi verificado no trabalho de Silva et al (2016) que ao analisar o

volume de pilhas de rejeitos, realizando um comparativo entre as tecnologias LiDAR, GNSS e VANT, constatou melhor precisão e maior eficiência nos resultados fornecidos pelo VANT.

Por outro lado ressalta-se que a implantação de novas tecnologias requer a adaptação de orçamentos, sendo portanto, uma oportunidade para estudos futuros, o desdobramento desse estudo para realização de um comparativo entre o

investimento necessário à implantação de cada tecnologia empregada (GNSS e VANT), de maneira a evidenciar, no aspecto econômico, as vantagens e desvantagens referentes a cada sistema.

Conclui-se ainda que o presente estudo pode ser utilizado como referência para outras pesquisas com o propósito de obter dados para obtenção do cálculo em diversas áreas da engenharia.

## REFERÊNCIAS

- A. A. Ab RAHMAN, K. N. ABDUL MAULUD, F. A. MOHD, O. JAAFAR, K. N. TAHAR. Volumetric calculation using low cost unmanned aerial vehicle (UAV) approach. In: AEROS Conference, 2017. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.
- ARANGO, C.; MORALES, C. A. Comparision between multicopter and total station for estimating sotckpile volumes. In: International Conference on Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics, 2015. **Anais...** Toronto. p. 131 a 135. 2015.
- BARROS, E. R. O.; FILHO, F. H. M. G. M.; ANDRADE, M. O.; SATO, S. S. As potencialidades e limitações do uso do VANT no monitoramento de faixas de domínio de rodovias federais. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27. 2017. Rio de Janeiro. **Anais...** p. 1102 a 1106. 2017.
- BORGES, R. O.; SOBRAL, L. T.; FAZA, A.J.; RIBEIRO, R. F.; LANZA, D. S.; CALIL, M. S. Utilização de drones de pequeno porte como alternativa de baixo custo para caracterização topográfica da infraestrutura de transportes no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 17. 2017. **Anais...** Rio de Janeiro. 2017.
- BOTELHO, F. J. L.; SILVA, A. T.; NETO, .F. C. R.; FRANÇA, M. V.; JUNIOR, J. M. C. **Levantamento topográfico com GPS Geodésico e Estação Total da Propriedade EMBRAPA Caprinos em Sobral-CE.** IX Jornada de Pesquisa e Extensão, Recife, 24 a 31 de outubro de 2009.
- BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil: **Orientações para usuários de Drones.** Brasília, 2017.
- CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; FILHO, A. C. P. Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento de Uso e Ocupação do Solo. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, Vol. 38 - 1 / 2015. p. 147-156. Rio de Janeiro, 2015.
- DORNELLES, F.; GOLDENFUN, J. A. Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água da chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2. p. 59-68. Abr-Jun, 2010.

FERREIRA, A. M. R. **Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por veículo aéreo não tripulado – VANT, para uso em aerolevantamentos.** Dissertação (Mestrado). UnB, 2014

FURTADO, V. H.; GIMENES, R. A. V.; JÚNIOR, J. B. C.; JÚNIOR, J. R. A. Aspectos de segurança na integração de veículos aéreos não tripulados (VANT) no espaço aéreo brasileiro. In: Simpósio de Transporte Aéreo - SINTRAER, 7. 2008. **Anais...** Rio de Janeiro. p. 506 a 517. 2008.

GARCIA, R. N. **Uso da tecnologia VANT para acompanhamento de obras de pavimentação em Gurupi - TO.** Dissertação (Mestrado), Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

GARNÉS, S. J. A.; SOUZA, A. N.; MENDONÇA, F. J. B.; KRUEGER, C. P. **A acurácia de posicionamento GNSS em áreas urbanas desordenadas tendo como referência a poligonização clássica.** VIII Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, Curitiba, 3 a 5 de dezembro de 2013.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y.; CARMO, R. C. Desenvolvimento de um VANT totalmente configurado para aplicações em Agricultura de Precisão no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 15. 2011. **Anais...** Curitiba. p. 399 a 406, 2011.

JORGE, L. A. C.; INAMASU, R. Y. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) em agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (Ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar.** Brasília, DF, Embrapa, 2014. p. 108-134.

KOMAZAKI, J. M.; CAMARGO, P. O.; GALO, M.; AMORIM, A. Avaliação da Qualidade Geométrica de Modelos Digitais do Terreno Obtidos a Partir de Imagens Adquiridas com VANT. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 27. 2017. **Anais...** Rio de Janeiro. 2017.

LISBOA, D. W. B.; SILVA, A. B. S.; SOUZA, A. B. A.; SILVA, M. P. Utilização de VANT na inspeção de manifestações patológicas em fachadas de edificações. In: Congresso Técnico Científico de Engenharia e da Agronomia CONTECC. 2018. **Anais...** Maceió. 2018.

MOKROS, M.; TABACAK, M.; LIESKOVSKY, M.; FABRIKA, M. Unmanned aerial vehicle use for wood chip pile volume estimation. In: ISPRS Congress, 23. 2016. **Anais...** Prague, Czech Republic. p. 953 a 956. 2016.

RAEVA, P. L.; FILIPOVA, S. L.; FILIPOV, D. G.; Volume computation of a stockpile - A study case comparing GPS and UAV measurements in an open pit quarry. In: ISPRS Congress, 23. 2016. **Anais...** Prague, Czech Republic. p. 999 a 1004. 2016.

REZENDE, R. A. **Modelo de gestão aplicado à metrologia legal: proposta do modelo brasileiro para arqueação de tanques.** 2004. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

RODRIGUES, D. A.; GALLARDO, A. L. C.F. **Vantagens de Aerofotogrametria por drone na obtenção de dados topográficos em estudos de lixões e aterros sanitários.** VII Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Água Branca - SP, 22 a 23 de outubro de 2018.

RUPP, R. F; MUNARIM, U.; ENEDIR, G. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011.

SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SANTOS, A. L. S.; AMARO, V. E. Avaliação da Acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Artigos, Curitiba, v. 22, n. 1, p 73-94, jan-mar, 2016.