

AS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DO USO DO VANT NO MONITORAMENTO DE FAIXAS DE DOMÍNIO DE RODOVIAS FEDERAIS

E. R. O. Barros^{1,2}, F. H. M. G. Mafra Filho¹, M. de O. Andrade^{1,2}, S. S. Sato²

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, Brasil

²Universidade Federal de Pernambuco – DeCart, UFPE, Brasil

Comissão V - Gestão Territorial e Cadastro Técnico Multifinalitário

RESUMO

A crescente diversificação das atividades econômicas e sociais ao longo das rodovias e a expansão e o adensamento das áreas ocupadas as margens da mesma, associados à falta de terras, acrescentam um caráter dinâmico às ocupações das faixas de domínio. Para o monitoramento e a fiscalização desse patrimônio público, são requeridos amplos recursos humanos e materiais e, conseqüentemente, os recursos financeiros também são maximizados. Diante disso, este artigo visa avaliar a possibilidade do uso do imageamento aéreo por veículo aéreo não tripulado - VANT para o monitoramento das faixas de domínio das rodovias federais brasileiras. Os elementos utilizados para ponderar as potencialidades do uso nesse tipo de aplicação particular são dimensionados com base em revisões literárias a respeito dos métodos e de técnicas de delimitações e que regem as competências da faixa de domínio rodoviário, podendo ser: uso de estações totais e/ou GNSS e uso de VANT. Neste estudo, são vistas as regulamentações, as potencialidades e as limitações de cada uma das técnicas cuja finalidade é o monitoramento de faixas de domínio da malha viária nacional.

Palavras-chave: VANT, Faixa de Domínio de Rodovias, Gestão Territorial.

ABSTRACT

The growing diversification of economic and social activities along the highways and the expansion and densification of the occupied areas along the roads associated with the lack of land add a dynamic character to the occupations of these lanes. Therefore, it was identified that the monitoring and control of this public heritage of large area and spatial distribution demands great human and material resources. Therefore, this article aims to identify the possibility of monitoring the Brazilian federal highways domain ranges with the use of UAV aerial imagery, based on a literature review on the knowledge regarding the delimitation and competence of the Highway Domain Range, VANT and its regulations, potentialities and limitations.

Keywords: UAV, Domain Range of Highways, Territorial Management.

1- INTRODUÇÃO

O Presidente Washington Luís dizia que “governar é construir estradas”. Ampliando essa visão, governar também é permitir que pessoas e mercadorias circulem pelo território nacional de forma econômica, segura e organizada. Afinal, a integração logística é fator de emancipação econômica e social de um país. Entretanto, não se trata apenas de implantar novas infraestruturas rodoviárias, mas de mantê-las em condição de uso e operação. Apesar dos recentes esforços governamentais, boa parte de nossas infraestruturas instaladas carecem de adequada manutenção e preservação, dentre as quais se incluem as faixas de domínio das rodovias.

No Brasil ao longo de décadas, as faixas de domínio, patrimônio público fundamental que asseguram a operação rodoviária, têm sido objeto de

ocupações irregulares, das mais variadas formas e intensidades, a exemplo da implantação de acessos (interseções) às propriedades adjacentes e até a construção de edificações, sejam elas de uso industrial, comercial ou habitacional. A partir da década de 1970, vários fatores de desenvolvimento contribuíram para a ocupação desordenada das margens das rodovias federais: o êxodo rural, o crescimento demográfico urbano e a favelização das regiões periféricas das cidades (DNIT; IPR, 2005b, p. 10).

O tipo de uso e ocupação do solo nas áreas lindeiras às rodovias exerce papel determinante na tipologia e na intensidade dessas ocupações irregulares. Nos trechos rodoviários em perímetros urbanos, em decorrência das pressões e dos conflitos decorrentes desse contexto socioeconômico, as invasões das faixas de domínio têm se verificado mais frequentes e intensas, quando comparadas aos trechos rodoviários em zonas

rurais. Em função da extensão da rede rodoviária nacional e da quantidade e complexidade das informações territoriais ao longo das rodovias, torna-se fundamental investir em mecanismos de verificação e monitoramento dessas áreas, evitando-se ocupações em tempo hábil e imprecisões nas demarcações. Ações de monitoramentos são essenciais para a tomada de decisão e a efetiva operação da gestão das faixas de domínio.

Em virtude das grandes extensões territoriais destas faixas de domínio e do caráter dinâmico das pressões decorrentes do uso e ocupação das margens das rodovias são necessárias ações estratégicas. Logo, busca-se um método de monitoramento que garanta a eficácia e a eficiência na verificação e no mapeamento dessas áreas, mantendo as geoinformações atualizadas, com uma periodicidade sistemática. A complexidade deste tipo de demanda está em prevenir as ocupações das faixas de domínio em tempo hábil para evitar ocupações definitivas. Outro desafio é desestimular quaisquer mínimas ações de uso destas áreas. O Imageamento Aéreo por VANT é um dos mecanismos geotecnológicos disponíveis que oferece algumas vantagens para essa finalidade, dentre elas o baixo custo operacional.

2- SISTEMA DE GESTÃO DAS FAIXAS DE DOMÍNIO RODOVIÁRIAS FEDERAIS

A Constituição Federal no seu Art. 20 estabelece que as via federais de comunicação (rodovias federais) são bens da união. A Lei Federal 12.379/2001 dispõe sobre o Sistema Federal de Viação (SFV) que compreende, entre outros, o Subsistema Rodoviário Federal que engloba todas as rodovias administradas pela União, a quem compete a construção, a operação e a manutenção das respectivas infraestruturas viárias e operacionais. Essas competências, quando realizadas diretamente pelo aludido ente federado, são atribuídas ao Ministério dos Transportes e exercidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Segundo preconiza o Regimento Interno do DNIT, dentre as funções atribuídas ao Órgão está a Gerência das Faixas de Domínio, que compreende: a análise de projetos de novas ocupações, em articulação com outras unidades administrativas e com as Unidades Locais; o controle da utilização da faixa e a execução de levantamentos necessários à organização e manutenção do cadastro dos imóveis e benfeitorias situados na faixa de domínio das rodovias federais sob jurisdição do DNIT (Marafon e Varejão, 2009).

“Faixa de Domínio” é base física sobre a qual se assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras-de-arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo (BRASIL, 1997)

A Faixa de Domínio compreende esse espaço territorial de grandes extensões longitudinais cerca de 57.211 km (DNIT, 2017), que tem seus limites laterais estabelecidos por lei específica e definidos em função dos parâmetros técnicos do projeto geométrico e das especificidades das áreas atravessadas pela rodovia, com o objetivo maior de prezar pela segurança na operação rodoviária.

As larguras destas faixas de domínios são estabelecidas pela Norma para o Projeto das Estradas de Rodagem, definido pela Portaria nº 19 de 10/01/1949, atendendo ao que propôs o Conselho Rodoviário Nacional e usando das atribuições que lhe confere o artigo 9º, combinado com a alínea "c" do artigo 7º do Decreto-lei nº. 8.463, de 27 de dezembro de 1945, e o Decreto nº. 25 151, de 29 de junho de 1948.

3- GESTÃO TERRITORIAL DA FAIXA DE DOMÍNIO

Segundo Câmara, Davis e Monteiro (2001), na perspectiva moderna de gestão de território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, o meio físico-biótico, a ocupação humana e seu inter-relacionamento.

O DNIT ainda não tem um Sistema de Informações Geográficas que possibilite inventários rodoviários, armazenado em um banco de dados geoespacial que contemple as informações sobre suas infraestruturas e deem apoio à gestão territorial de todas as rodovias. No DNIT-GEO poderia ser implementado o inventário sistemático de toda a faixa de domínio, contemplando os aspectos físicos jurídicos do território, já que hoje existe apenas a representação e delimitação do eixo rodoviário em todo território.

Uma gestão territorial apropriada para o DNIT faria uso de estudos realizados desde a implantação da faixa de domínio da Rodovia, podendo conter todas as informações ligadas aos projetos dos sistemas viários que auxiliem na gestão das rodovias. Portanto, as geotecnologias como o geoprocessamento, sensoriamento remoto/ aerolevantamentos e posicionamento GNSS, normas e leis se tornam elementos primordiais para serem utilizados tanto no planejamento quanto na gestão de uma rede rodoviária.

Adicionalmente, o cadastro imobiliário brasileiro também pode ser considerado como outro elemento de agregação de dados. A legislação de 28 de agosto de 2001, Lei de georreferenciamento dos imóveis rurais Lei nº 10.267/2001 (BRASIL, 2001) exige que os imóveis passem a ser identificados por informações descritivas e geométricas georreferenciadas, o que permite um intercâmbio entre o registro imobiliário e a planta cadastral. Sendo assim, parcerias entre o Sistema Registral, o Sistema Nacional de Gestão Fundiária – SINTER e um Sistema de gestão Territorial das Faixas de Domínio pode aumentar a eficiência dessa gestão

integrada ao incorporar os dados geoespaciais das rodovias.

4 - VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANT)

Várias são as denominações atribuídas aos Veículos Aéreos Não Tripulados. O United States Department of Defense (DoD) denomina-o de Unmanned Aerial Vehicle Roadmap (UAV), a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) e o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) se referem ao VANT como Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA). Atualmente tem-se utilizado o termo Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS) que engloba também a carga destas aeronaves tais como: câmera, rádio de comunicação, etc. No meio comercial adota-se, largamente, o termo Drone.

Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), em definição presente no documento oficial intitulado de ICA100-40/2015, uma aeronave é:

“Qualquer aparelho que possa sustentar-se na atmosfera a partir de reações do ar que não sejam as reações do ar contra a superfície da terra. Aquelas que se pretenda operar sem piloto a bordo são chamadas de aeronaves não tripuladas e, dentre as não tripuladas, aquelas que são pilotadas por meio de uma Estação de Pilotagem Remota (RPS) são Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA).”

O uso de Veículos Aéreos Não Tripulados já é largamente aceito pela comunidade científica de todo o mundo. A agência florestal americana em conjunto com a NASA desenvolveu, recentemente, um projeto que apresentou a viabilidade de utilização de VANTs no monitoramento de incêndios florestais na Califórnia (NASA, 2009). No Brasil, os VANTs já estão sendo utilizados em operações de vigilância de fronteiras e monitoramentos em geral, tais como em usinas hidrelétricas e em grandes eventos (Moraes, 2011; Galante, 2011).

Com o avanço tecnológico ocorrido nas últimas décadas, vem crescendo o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT), por apresentarem vantagens técnicas e econômicas. Sua ampla utilização deve-se à facilidade de adaptação às necessidades de cada projeto, pois as características das imagens estão diretamente relacionadas a parâmetros como resolução, escalas e tipos de sensores, que são escolhidos de acordo com a necessidade de cada trabalho. (Morgan et al., 2010).

As promissoras capacidades do VANT tornaram-no um fenômeno na aviação, cujos investimentos brasileiros em pesquisa tornam-se extremamente necessários, pois nos últimos anos os países desenvolvidos vêm dedicando crescentes esforços para integrar estes Veículos Aéreos não Tripulados ao espaço aéreo controlado, visando sua utilização para fins civis, além dos já consagrados empregos militares (Corrêa, 2008).

4.1 - REGULAMENTAÇÃO DO USO DE VANT

No Brasil, Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) editou em maio de 2017 um regulamento especial com regras gerais para o uso civil de aeronaves não tripuladas. O normativo da ANAC estabelece os requisitos mínimos para operações com esse tipo de aeronave, marco importante da aviação civil brasileira. 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.

5 - MATERIAIS E MÉTODOS

Um experimento empírico foi elaborado para testar a sua aplicabilidade. Foi selecionado uma área teste (item 5.1), onde foram realizados: planos de voo e execução do voo; pós-processamento para gerar um ortomosaico de apoio ao plano de pontos de apoio, verificação e de controle, processamento dos dados, geração de MDT e ortomosaico. As etapas de trabalho estão detalhadas no item 5.2. Os materiais utilizados foram: VANT de asa fixa, modelo Ebee da Sensefly., essa aeronave é construída em fibra de carbono e materiais compostos, os equipamentos são altamente resistentes e de alta performance; software proprietário Emotion para planejamento e gestão do voo; dados do projeto geométrico da rodovia com delimitação da faixa de domínio disponibilizado pelo DNIT; software de processamento de imagens VANT Pix4D mapper da Pix4D, notebook com 8GB RAM, processador I7, Xeon, multicore, de 8 GB, GPU de 2 GB com placa de vídeo GeForce. Receptor GNSS dupla frequência Modelo Hiper V da Trimble.

5.1 - ÁREA TESTE

A rodovia sugerida é um trecho da BR-408-PE que recentemente foi duplicada, que possui características rurais e urbana, ou seja, um trecho misto. A área escolhida está entre as Estacas 915 e 1085 do projeto geométrico da rodovia, com cerca de 180 hectares, situada no município de Paudalho no Estado de Pernambuco (Figura 1).

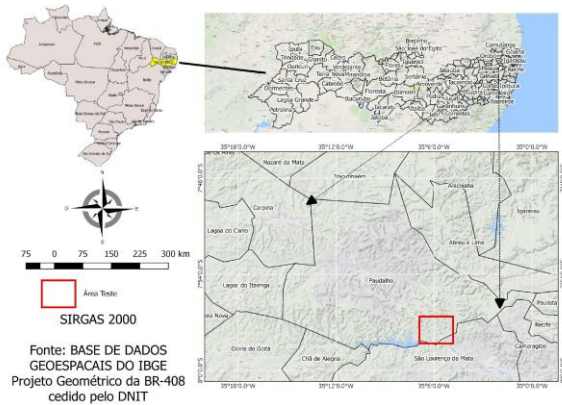


Fig. 1 - Mapa de Localização da Área Teste

5.2 - ETAPAS DA PESQUISA

As etapas para a realização da pesquisa compreenderam: a escolha do VANT, o planejamento do voo, o imageamento aéreo, o processamento dos dados, a análise do pós-processamento incluindo a verificação da qualidade dos insumos e produtos gerados, a identificação das ocorrências de ocupação e a apresentação dos resultados.

O voo foi realizado com o VANT da Sensefly, modelo eBee de asa fixa cedido pela empresa Santiago & Cintra. No planejamento de voo foi selecionado um melhor traçado para cobrir a área de sobrevoo, tendo como objetivo obter imagens com GSD (Ground Sampling Distance) de 5 cm. Selecionado este dado, são ainda requeridos ou calculados pelo software todos os parâmetros de voo, tais como: distância focal da câmera, tamanho do pixel no CCD; altura de voo, largura e altura da imagem em pixel, recobrimento longitudinal e lateral condicionados a obter um mapeamento de maior precisão possível, número de fotografias, escala, precisão das medições (estimativa), tempo de execução do voo.

Após a obtenção das imagens e dos blocos de imagens, seguiu-se com o fluxo de trabalho fotogramétrico convencional de planejamento de pontos de apoio horizontal e vertical. Neste planejamento se utilizou a ortomosaicagem preliminar processado no software Agisof. Os pontos planejados foram distribuídos ao longo da faixa da rodovia conforme apresenta a figura 2.



Fig. 2 - Distribuição de Pontos de Apoio sobre o Trecho da Imagem da BR-408

Os pontos foto identificáveis utilizados foram elementos importantíssimos para amarração de modelos fotogramétricos, correção geométrica e controle de qualidade planimétrico das imagens do VANT. O processo de seleção e medição destes pontos como apoio e de controle de qualidade segue as seguintes diretrizes: alvos como quinas de sarjetas, canteiros de sistema viário e faixas de sinalizações horizontais, assim como em cantos de cercas e muros. Para a determinação das coordenadas dos pontos de apoio e de controle mensurados no campo, utilizou-se o receptor GNSS de dupla frequência, método de posicionamento relativo estático.

6 - RESULTADOS

O processamento de 235 (duzentos e trinta e cinco) imagens obtidas no voo realizado na área de estudo no software pix4D mapper possibilitou obter um ortomosaico. Com este produto cartográfico é possível realizar medidas de distâncias e áreas. O voo foi realizado a uma altitude de aproximadamente 282,91 metros em relação ao nível médio dos mares. Obteve-se inicialmente os seguintes resultados fonecidos pelo relatório do Software Pix4d: GSD de 5,64 cm; processou-se 205 fotos, ou seja, (87 %) das fotos, obtivemos uma média de 5.178 pontos/imagem; No georreferenciamento conseguimos 8 GCPs (8 3D), com um erro médio de 0,089 m. Os demais testes de qualidade será realizado, posteriormente e seus resultados serão divulgados em outros trabalhos científicos. Verifica-se a partir destes resultados



preliminares que este permite identificar com facilidade as ocupações irregulares sobre a área teste.

Fig. 3 - Distribuição de Pontos de Apoio sobre o Trecho da Imagem da BR-408

7- RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a literatura alguns estudos mostram a utilidade mesmo em caráter introdutório da aplicação dos ativos visuais dos VANTs na engenharia civil, como aerofotogrametria, mapeamento de áreas de

risco, montagem de estrutura metálica, monitoramento e controle de tráfego e manutenção de estradas e rodovias; para monitoramento de área rural através da geração de ortoimagens com o uso do VANT. (MITISHITA et al., 2014; THEMISTOCLEOUS et al., 2014; ALEJO et al., 2014). Já Morgenthal e Hallerman (2014) comentam o uso dos drones para detectar pequenas fissuras garantindo melhor confiabilidade quando atribuídos os reparos. Em Zhang e Elaksher (2012) é proposto o monitoramento de estradas não pavimentadas a partir de imageamento com VANT. Themistocleous et al. (2014) demonstram a utilização dos VANTs para monitoramento, avaliação de danos e manutenção de pavimentos rodoviários, cujo benefício vai além da redução dos custos, influenciando na sustentabilidade e impacto ao meio ambiente.

A necessidade do conhecimento desta tecnologia que está se tornando usual se torna essencial. Por essa razão, novas regras e capacitação são necessárias. Alguns exemplos de parâmetros a serem especificados em projetos de mapeamento com VANT são: altura de voo e GSD relacionado ao tipo de aplicação, condicionantes meteorológicas de voo, requerimentos de calibração do sensor, definição de parâmetros de qualidade do ajustamento como critérios de erros médios residuais aceitáveis, números de linhas de voos adicionais a área de mapeamento, logística de localização de decolagem e aterrissagem mandatária (já exigida na regulamentação do DECEA), entre outros.

Com os resultados obtidos neste trabalho foi possível verificar que existe uma boa relação de custo benefício, sendo possível obter produtos de alta resolução espacial e possivelmente temporal para monitorar as mudanças no uso e ocupação da faixa de domínio. Além disso é possível qualificar e quantificar com precisão, medidas lineares e áreas a partir das ortofotos.

Em comparação com o método de fiscalização atualmente empregado pelo DNIT, o modelo proposto neste artigo, usando VANT, possibilitaria uma maior efetividade no enfrentamento das novas invasões as faixa de domínio e maior eficácia na identificação e quantificação das ocupações irregulares já estabelecidas. A cobertura da área seguindo um fluxo de trabalho de mapeamento, com apoio campo para levantamento de pontos de apoio e de controle para garantir o conhecimento da precisão e acurácia cartográfica proporcionaria uma maior produtividade no trabalho de gestão e identificação destas ocupações.

Em contrapartida constata-se a necessidade de altos recursos computacionais para ortorretificar as imagens obtidas no voo. O levantamento e uso de pontos de apoio com coordenadas determinadas com precisão e acurácia geodésica são essenciais para obter um mapeamento de qualidade e confiabilidade comparáveis aos métodos topográficos tradicionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Glossário de termos técnicos rodoviários. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, p. 296, 1997.

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisas. Instituto de Pesquisa Rodoviárias. Manual rodoviário de conservação, monitoramento, e controle ambientais, 2. ed. Rio de Janeiro 2005. 68p. (IPR.Publ., 711)

Contreras, C. T. et al., Análise dos parâmetros atuais de classificação de UAV para aplicação civil – SIPAER Vol. 2, No 3: Julho / Agosto de 2011.

Corrêa, M. Modelo de Veículos Aéreos não Tripulados Baseados em Sistemas Multi-agentes. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, p.89. 2008.

Galante, A. VANT inovador feito na USP monitoramento desmatamento em Jirau. Poder Aéreo, 2011. Disponível em: <http://www.aereo.jor.br/2011/07/15/vant-inovador-feito-na-usp-monitora-desmatamento-em-jirau/>. Acesso em 26 de maio 2017.

Marafon, M. A.; Varejão, L. C. S. (2009). Gestão da Faixa de Domínio do DNIT. In: Encontro nacional de conservação rodoviária, Belo Horizonte. Anais da 14ª ENACOR. Belo Horizonte/MG

Mitishita, E.; Eduardo, J.; Graça, N. de.; Centelho, J.; Machado, A. O Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em Aplicação de Mapeamento Aerofotogramétrico. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado-RS.2014. Anais.

Moraes, M. Aviões-robôs ajudam a vigiar os céus. INFO online, 2017. Disponível em: <http://info.abril.com.br/noticias/tecnologia-pessoal/aviões-robos-visam-os-céus-22082011-6.shl>. Acesso em: 29 de maio 2017.

NASA. (2017) Western States Fire Mission, disponível em: <<http://www.nasa.gov/centers/dryden/research/wsfm.html>> Acesso dia 04 de Junho. 2017.

PWC: Clarity from Above (2016) – PwC global report on the commercial applications of drone technology, – Disponível em www.dronepoweredolutions.com

Themistocleous, K; Neocleous K; Pilakoutas, K; Hadjamitsis, D.G. Damage assessment using advanced non-intrusive inspection methods: Integration of Space, UAV, GPR and Field Spectroscopy. Second international conference on remote sensing and Geoinformation of the environment. 2014.

ZHANG, C.; ELAKSHER, A.. An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 27, No. 2, pp. 118-129. 2012.