Avaliação de uso de Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT em atividades de fiscalização da Agência Nacional de Águas

Wagner Fernando Silva [1]
Lenildo Santos Silva [2]
Édio Albertin Malta [1]
Rodolpho de Oliveira Gondim [2]
Morris Scherer-Warren [1]

[1] Agência Nacional de Águas – Superintendência de Fiscalização - ANA/SFI
SIA trecho 3 – 71200-040 - Brasília - DF, Brasil
{wagner.silva, edio.malta}@ana.gov.br

[2] Universidade de Brasília - UnB
Campos Universitário Darcy Ribeiro 70.900-970 - Brasília - DF, Brasil
lenildo@unb.br

Abstract. One of the main tasks of the National Water Agency – ANA is the supervision of water use in water bodies under domain of Federal Government. This activity requires effective methodologies and tools to acquire information and to support field activities. In this paper, the use of aerial photographs acquired by UAV was evaluated for this task. Aerial photos in different configurations and spatial resolution (6 cm and 13 cm) were acquired over four areas in the Pardo River, located in northern Minas Gerais state. The overflights configurations, the quality of the mosaic images and the potential to identify three types of agricultural areas were evaluated, including irrigated areas. The spatial resolutions allowed visualizing important details for ANA's supervision activities prior to field work. However, the higher spatial resolution was better for the identification of irrigated areas, allowing the identification of irrigation piping and equipment. The overflights configurations and time spend in photos acquisition proved the viability of the use UAV for fast response data retrieval, typical in cases of water use conflicts, which is not often possible with satellite images. The acquisition configuration based on side overlapping, used in great length tracks, were not suitable and caused problems in the processing of the mosaic images. Additionally, an aircraft with greater battery lifetime and fly distance autonomy will better fulfill ANA's requirements. The results showed that the images acquired by UAV can be use in the supervision activities at ANA, especially regarding to high quality and spatial resolution of the aerial photographs, the quick response, and also the data processing facility.

Palavras-chave: water resourses, irrigation, aerial photographs, recursos hídricos, irrigação, fotografias aéreas.

1. Introdução

O interesse no uso de Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT no Brasil tem se intensificado nos últimos anos em diferentes aplicações. O número de usuários atraídos a essa tecnologia aumenta a cada dia, seja em atividades privadas, governamentais ou mesmo científicas. Diversos avanços têm sido realizados do ponto de vista de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica tanto no que se refere ao controle e características das aeronaves quanto ao tratamento de dados obtidos por meios de VANTs das mais diversas categorias (Amaral, 2009; Amorim et al., 2012; Roig et al., 2013; Adabo, 2014; Almeida et al., 2014). Órgãos de fiscalização governamentais e militares tem adotado esse tipo de tecnologia para facilitar, agilizar e adquirir informações detalhadas das áreas de interesse (Bicho et al., 2013; Silva, 2013).

A Agência Nacional de Águas – ANA, criada pela Lei n° 9984 de 2000 é uma autarquia federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Está definido no Art. 4º da mesma Lei as atuações e atribuições da Agência, dentre elas: "V – fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União". Para executar essa atribuição, a Agência

possui uma Gerência de Fiscalização de Uso de Recursos Hídricos – GEFIU integrada na Superintendência de Fiscalização – SFI.

A fiscalização visa promover a regularização e o uso múltiplo das águas. Seu objetivo primordial é a orientação do usuário para a regularização, a fim de prevenir condutas ilícitas, mas também apresenta caráter repressivo, com a adoção de sanções previstas na legislação (ANA, 2014). Para se ter fiscalização e gestão eficientes do uso racional do recurso hídrico torna-se necessário conhecer os usuários, desde os que requerem maiores vazões aos que captam menores volumes dos corpos hídricos.

Para o processo de fiscalização a Agência necessita de metodologia e ferramentas eficazes tanto na aquisição de informações quanto na execução das atividades em campo, sobretudo pela grande dimensão do país. Há muitas bacias hidrográficas e trechos de rios com alta demanda de uso do recurso hídrico e para muitos deles é difícil ou moroso o reconhecimento detalhado por terra ou por imagens de média e baixa resolução espacial, sobretudo em regiões que possuem áreas agrícolas de pequena dimensão. Por esse motivo o uso de imagens obtidas por VANTs pode trazer benefícios, contribuições e facilidades para esse tipo de atividade. O objetivo desse trabalho foi testar o uso de VANT em atividades de fiscalização do uso de recursos hídricos, sobretudo no intuito de fazer o reconhecimento e detecção de áreas irrigadas às margens de rios.

2. Metodologia de Trabalho

Os sobrevoos para aquisição das imagens VANT ocorreram nos dias 24 e 25 de junho de 2014 no rio Pardo. Como está definido no artigo 20, inciso III da constituição federal, este rio possui domínio da União porque banha mais de uma unidade da federação, Minas Gerais e Bahia, tendo sua nascente no município de Montezuma – MG e sua foz no município de Canavieiras - BA. Por ter grande parte da sua extensão no sertão mineiro e baiano este curso d'água apresenta grande redução de vazão nos períodos de seca. Por outro lado, é um rio que propicia o abastecimento de algumas cidades e a captação para irrigação de muitas áreas em suas margens.

A aquisição das imagens ocorreu em parceria com uma equipe do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília – UnB que desenvolveram VANTs com características úteis às atividades de fiscalização da ANA. A aeronave utilizada é similar ao modelo desenvolvido para o projeto µVANT do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (Bicho et al., 2013). Possui 1,90 m de envergadura, capacidade de carga paga (*payload*) de 1kg, peso total de 2,5kg, motor elétrico *brushless*, baterias de 5.000 mAh, câmera de vídeo para transmissão da visão frontal em tempo real e câmera para registro fotográfico com capacidade também para armazenar vídeo em alta definição (Figura 1). Possui autonomia de 90 minutos e o alcance de 4 km a partir da base. A decolagem é por impulso manual e a aterrisagem de barriga, podendo ocorrer de forma automática ou controlada pelo piloto. O conjunto possui monitor de vídeo que além de transmitir o vídeo frontal, informa todas as condições e características do voo, possibilitando ao piloto assumir o controle na ocorrência de qualquer eventualidade.

Foram adquiridas imagens de quatro áreas ao longo do rio (Área 1 - A1, Área 2 - A2, Área 3 - A3 e Área 4 - A4), nos municípios de Rio Pardo de Minas e Indaiabira, ambas no estado de Minas Gerais (Figura 2). Essas áreas possuem concentração de pequenas propriedades que fazem uso de irrigação. O planejamento dos voos foi realizado em programa específico denominado PVL, desenvolvido na UnB, e permitiu que cada área fosse sobrevoada com uma configuração diferente de voo, possibilitando gerar imagens com diferentes características e avaliar a melhor adequação ao objetivo do trabalho. Todas as áreas foram sobrevoadas utilizando apenas uma base ou estação, mas dependendo da configuração, foi necessário realizar mais que um voo. Entende-se como voo, nessa situação, a sequência de

decolagens e pousos necessários para fotografar toda a área planejada. Para A3 e A4 também foram adquiridos vídeos. A Tabela 1 contém as principais configurações de voo de cada área sobrevoada.

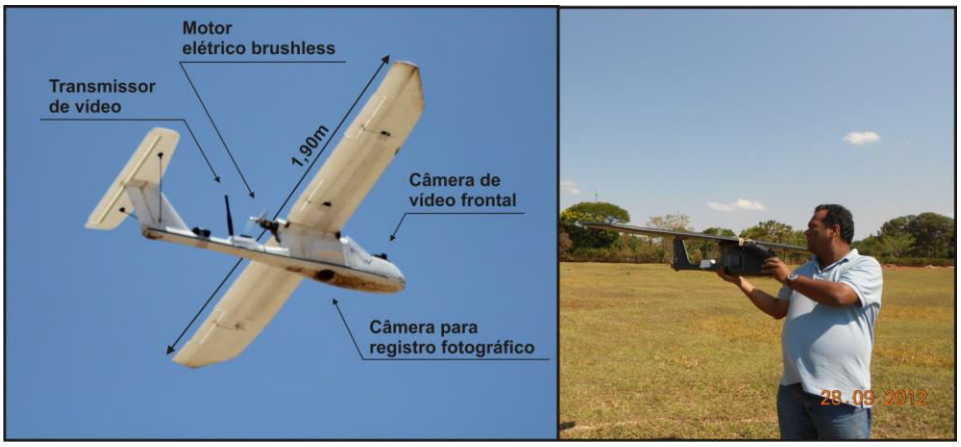


Figura 1 – VANT utilizado no trabalho. Foto obtida de Bicho et al., 2013.

Não houve necessidade de coletar pontos de controle em campo, uma vez que trabalhos anteriores com o mesmo VANT mostraram que a precisão geográfica obtida apenas com os dados posicionais da aeronave, em torno de 10 metros (Almeida et al., 2014), atende ao objetivo do trabalho.

As fotos adquiridas foram georreferenciadas com o programa GeoTag (http://geotag.sourceforge.net) e posteriormente processadas com o programa PhotoScan (http://www.agisoft.com/?%3f), gerando os MDE e os mosaicos de cada área separadamente. As fotos das curvas dos sobrevoos foram eliminadas do processamento por terem ângulos de visada distante do nadir, causando grandes distorções.

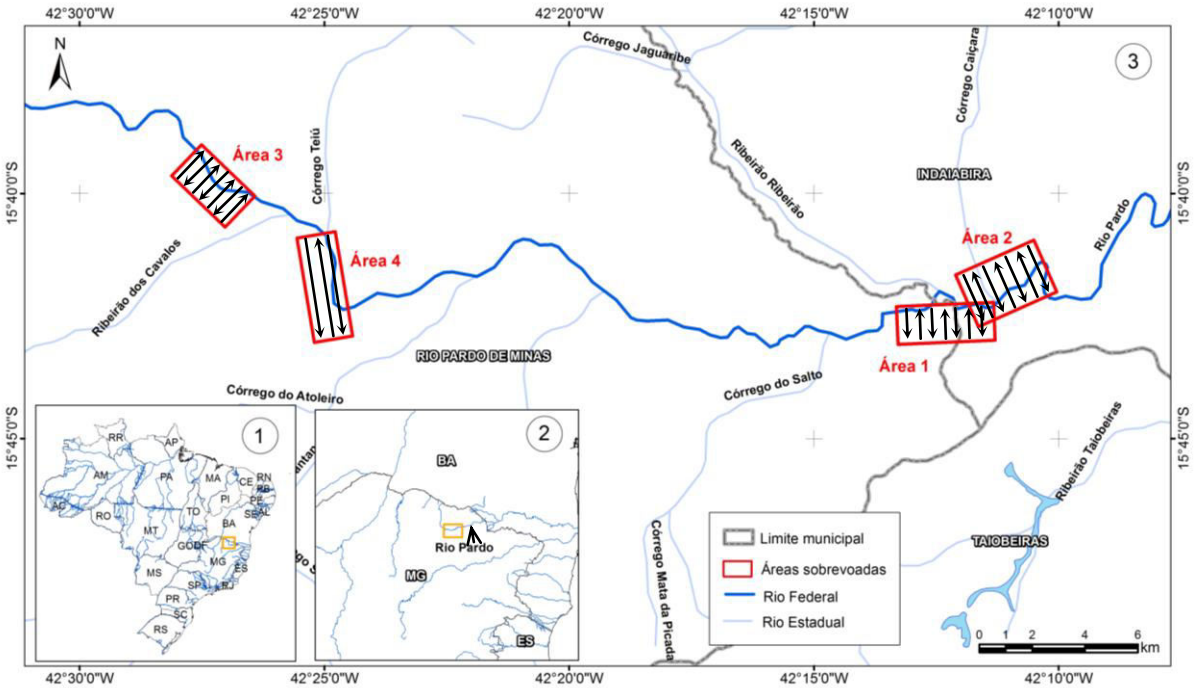


Figura 2 – Localização das áreas sobrevoadas e direção de voo com o VANT.

Por meio de interpretação visual dos mosaicos identificaram-se os usos agrícolas, quantificando a área destinada à agricultura com irrigação e também os possíveis pontos de captação de água. Para essa finalidade as áreas agrícolas foram distinguidas em três grupos:

Grupo 1 (G1) → Áreas irrigadas – quando identificado qualquer vestígio de irrigação, como solo úmido, tubulações e culturas temporárias, que pela região e época necessitam de irrigação para desenvolvimento; **Grupo 2 (G2)** → Áreas cultivadas ou preparadas – áreas de cultura permanente e semi-perene, ou com solo preparado para plantio sem vestígios de irrigação; **Grupo 3 (G3)** → Áreas em pousio – áreas com características agrícola, mas que estão em repouso ou descanso na safra em questão ou por mais tempo. A soma dos três grupos é o total de área agrícola encontrada na data do sobrevoo. Áreas de pastagem não foram consideradas nesse trabalho.

Tabela 1 – Principais configurações dos voos de cada área sobrevoada.

Área sobrevoada	Altura da aeronave (m)	Recobrimento lateral (%)	Número de voos	Sentido do voo em relação ao rio
A1	200	60	4	transversal
A2	200	40	2	transversal
A3	400	30	1	transversal
A4	400	30	1	longitudinal

3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 resume as principais características dos mosaicos obtidos após processamento das fotos. Foi recoberta área total de 1.920 ha em tempo total efetivo de voo de 238 minutos, aproximadamente 4 horas. Para A1 e A2 obteve-se tamanho de pixel de 6 cm por ter voado em menor altura, 200 m, e para A3 e A4 obteve-se 13 cm, voando a 400 m.

Tabela 2 – Principais características dos mosaicos obtidos.

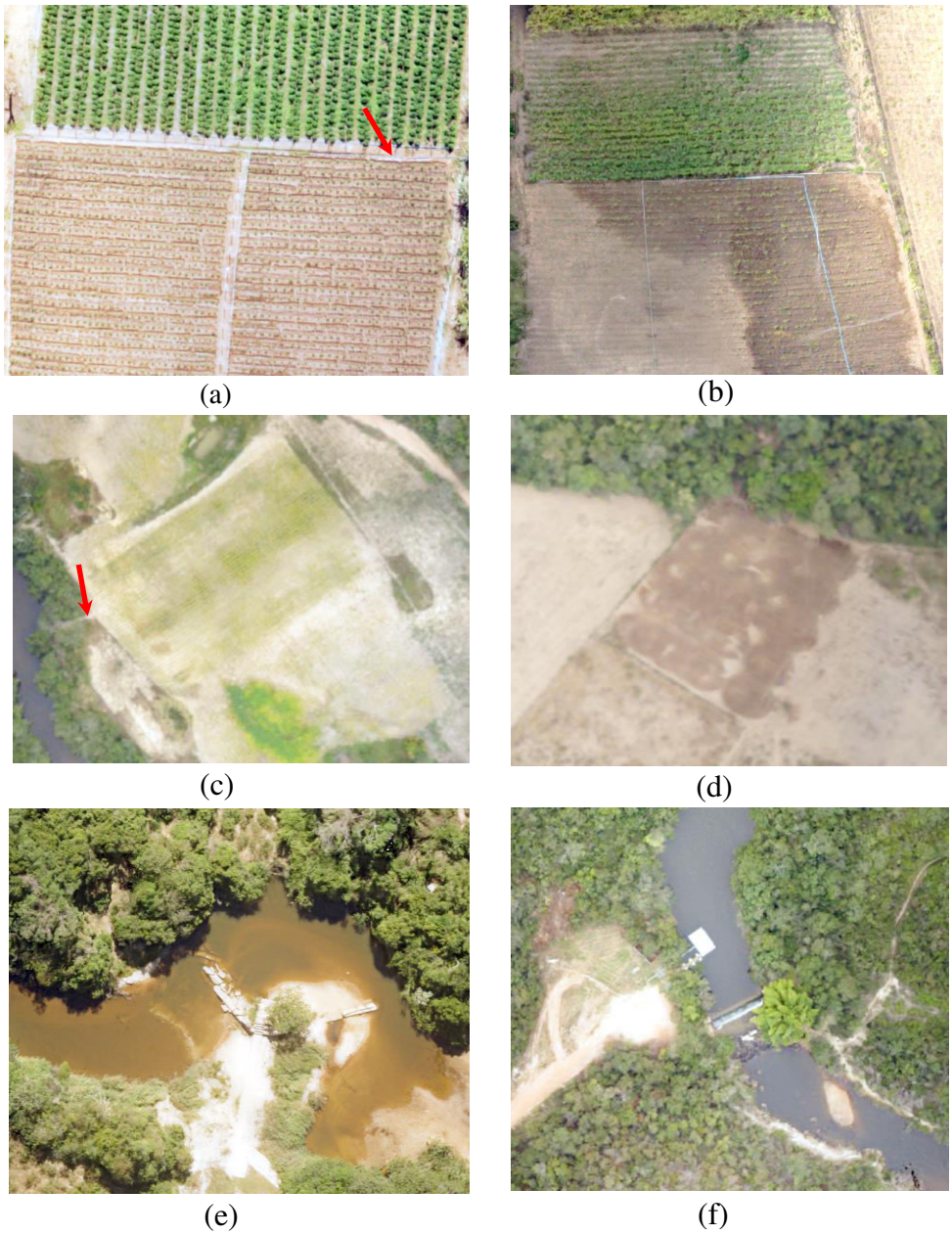
Área sobrevoada	Área recoberta (ha)	Tempo de aquisição*	Tamanho do pixel (cm)	Produtividade ha/min
A1	490	2 h 35 min	6	3,16
A2	610	46 min	6	13,26
A3	390	17 min	13	22,94
A4	430	20 min	13	21,50

* Tempo efetivo de captura de fotos, incluindo o tempo de aterrisagem e decolagem quando realizado mais que um voo para a mesma área.

Em termos de produtividade, o melhor resultado foi obtido em A3 com 22,94 ha/min. Esse resultado foi influenciado principalmente pela maior altura de voo, o que permitiu maior campo de visada. Para A4 a produtividade foi parecida com A3, pois voou na mesma altura, porém longitudinalmente ao rio. Para A1 se interessou obter MDE de melhor qualidade e por esse motivo a sobreposição foi maior que nas outras áreas, acarretando maior tempo de voo e menor produtividade. O objetivo da produtividade calculada não foi confrontar as configurações de voo, mas apenas ter uma estimativa para futuros planejamentos em cada um deles. Além das configurações de voo outros fatores influenciam na produtividade, sendo um dos principais a velocidade do vento e habilidade da equipe. Além disso, a configuração do voo dependerá do objetivo para o qual as imagens serão obtidas. As fotos obtidas a 400 m de altura (A3 e A4) permitiram maior produtividade com menor resolução espacial. Porém, a resolução espacial obtida, 13 cm, é suficiente para muitos trabalhos.

A Figura 3 ilustra exemplos de campos agrícolas irrigados e barramentos no leito do rio visualizados nos mosaicos com resoluções espaciais de 6 cm (3a, 3b e 3e) e de 13 cm (3c, 3d e 3f). Com as imagens de maior resolução foi possível detectar facilmente todos os detalhes dos campos agrícolas, as tubulações para irrigação e até mesmo o número de plantas cultivadas. Com as imagens de menor resolução também foi possível detectar as tubulações, porém com maior dificuldade em distingui-las em algumas culturas. A Figura 3a ilustra a

tubulação identificada em imagem de maior resolução, enquanto a Figura 3c ilustra, em imagem de menor resolução, um campo irrigado cuja identificação só foi possível por causa da trilha onde passa a tubulação às margens do rio. Em relação à identificação do solo úmido (3c e 3d) e de barramentos no leito do rio (3e e 3f), com as duas resoluções foi possível identificá-los facilmente. Dessa forma, a opção de obter imagens de maior ou menor resolução dependerá do objetivo do trabalho.



(a) (b) (c) (d) (e) (f)

Figura 3 – Campos agrícolas irrigados e barramentos identificados com imagens da Área 1, resolução de 6 cm (a, b, e) e da Área 3, resolução de 13 cm (c, d, f). As setas vermelhas indicam as tubulações para irrigação. Nas imagens b e d é possível visualizar a mancha de solo úmido provocada pela irrigação.

Muitas vezes é interesse da fiscalização da ANA detalhar o uso do recurso hídrico em um determinado trecho de rio, conhecendo e localizando campos agrícolas e suas respectivas captações para irrigação, as captações para abastecimento, a existência de barramentos irregulares no curso d'água, etc. O VANT surge como opção de se ter imagens em alta resolução de forma autônoma e rápida para esse tipo de monitoramento. Com base na

produtividade obtida nesse trabalho pode-se conjecturar um sobrevoo para imageamento de um trecho de 10 km de um rio com 25 metros de largura, recobrindo ambas as margens até a distância de 1 km. Portanto, teremos uma área total de 20,25 km². Como realizado nesse trabalho, optou-se trabalhar com maior segurança e não utilizar a distância máxima de alcance, utilizando 2,5 km. Dessa forma, seriam necessárias, no máximo 3 bases. Utilizando a bateria da mesma forma, seriam necessários 5 voos utilizando a configuração da A2 e 4 voos utilizando a configuração da A3. Deve-se considerar ainda o tempo de 30 minutos para montagem inicial do equipamento, 10 minutos entre voos da mesma base e 45 minutos para deslocamento entre bases e início de novo voo. Considerando esses fatores chega-se ao tempo de trabalho total de 4 horas e 39 minutos para recobrir a área sugerida com a configuração de A2 e 3 horas e 58 minutos para configuração de A3. Portanto, os tempos simulados são atrativos e adequados às necessidades das atividades de fiscalização da Agência, quando se pensa em aquisição de imagens.

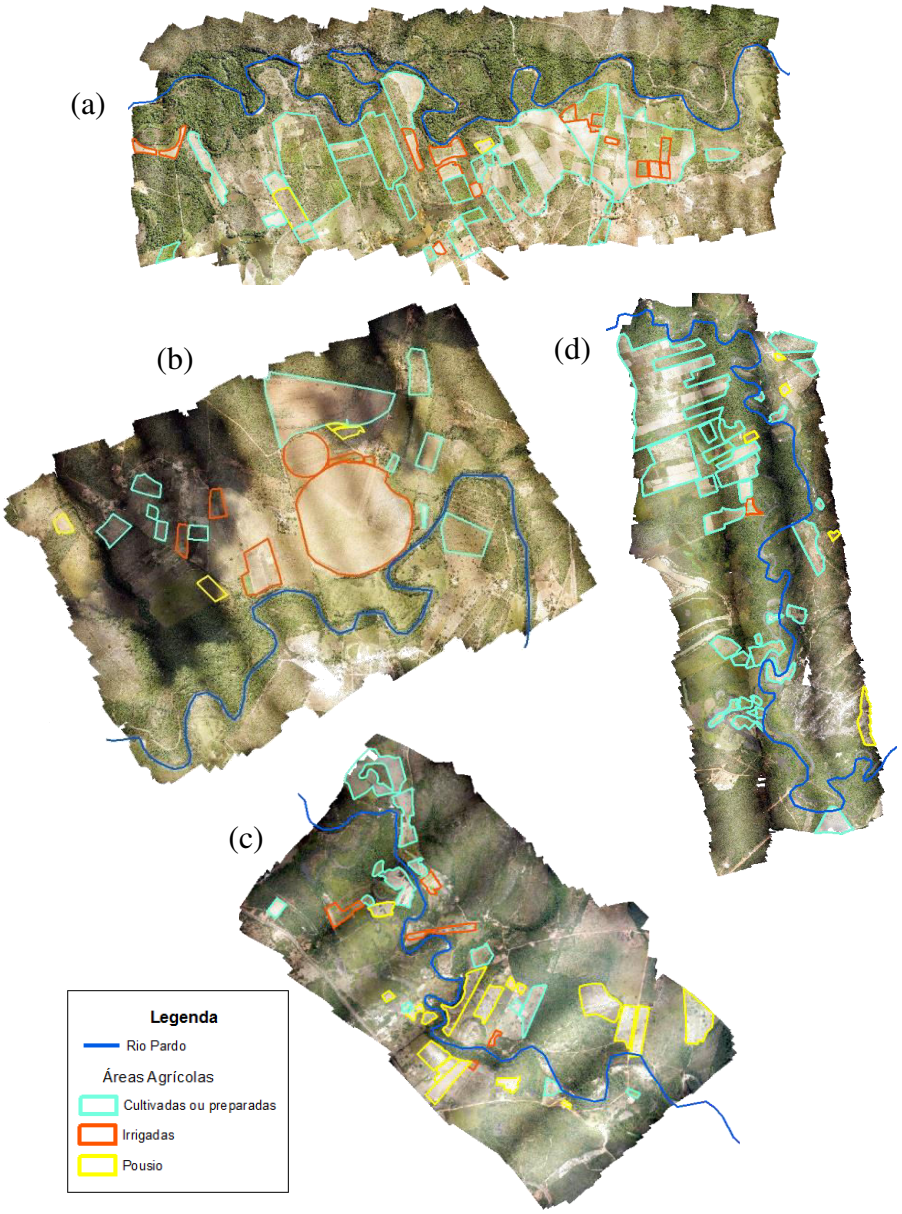


Figura 4. – Mosaicos das áreas sobrevoadas, sem consideração de escala, e localização das áreas agrícolas classificadas em grupos. (a) Área 1 – A1; (b) Área 2 – A2; (c) Área 3 – A3 e (d) Área 4 – A4.

A Figura 4 ilustra os mosaicos resultantes dos sobrevoos, bem como a delimitação das áreas agrícolas de acordo com os grupos G1, G2 e G3. Foram identificados 312 ha de área cultivada, 16% do total da área sobrevoada, sendo 67 ha do G1, 213 ha do G2 e 32 ha do G3. A alta resolução espacial das imagens permitiu identificar detalhes nos campos agrícolas, aumentando a segurança na delimitação, o que contribuiria para a ANA exercer a atividade de fiscalização e a resolução de conflitos, principalmente em casos urgentes em que as imagens de satélite não atenderiam pela disponibilidade temporal ou pela resolução espacial.

Todos os mosaicos foram processados corretamente, com perfeito ajuste entre as faixas de sobrevoo, exceto o da A4, que foi adquirido em faixas longitudinais. A sobreposição ou ajuste entre as faixas não ocorreu de forma adequada, provocando descontinuidade entre as feições, como pode ser visualizado na Figura 5. Várias configurações de processamento foram testadas, mas sem sucesso. A hipótese é que pela faixa ser extensa, aproximadamente 3,6 km, e estar voado na configuração de maior altura, 400 metros, a sobreposição lateral não foi suficiente (30%) e que em algum momento, por causa de vento com maior velocidade, o registro de feições homólogas nas duas faixas foi prejudicado e assim o processamento não pôde ser realizado com perfeição, acarretando o problema citado. O que corrobora essa hipótese é que no início das faixas há correta continuidade entre as feições, entretanto, a partir de um determinado trecho inicia-se a descontinuidade, logo após uma falha ou buraco no mosaico. Outros sobrevoos utilizando maior sobreposição devem ser testados.

Figura 5 – Exemplos de descontinuidade de feições ocorrida no mosaico da Área 4, provocada pelo ajuste não adequado das faixas longitudinais de voos.

O MDE gerado a partir das fotografias aéreas da A1 foi processado corretamente e mostrou as feições com boa precisão relativa, uma vez que não foi feito a aquisição de pontos de controle em campo por não ser escopo deste trabalho. Apesar de não ser um produto requisitado na atividade de fiscalização, os MDEs obtidos por VANTs poderão ser usados em outros estudos e trabalhos da Agência, como insumo para modelos que simulam áreas atingidas por rompimento de barragens e áreas de inundação.

Os vídeos adquiridos nas A3 e A4 possuem resolução adequada para a identificação de feições em campo. Entretanto, a informação da posição geográfica no vídeo facilitaria e agilizaria as atividades em campo. Outra alteração considerada necessária é proporcionar melhor resolução no vídeo transmitido em tempo real, o que facilitaria a discussão e a tomada de decisão no instante do sobrevoo do VANT.

4. Conclusões

No presente trabalho uma avaliação inicial do uso de VANT em atividades de fiscalização do uso de recursos hídricos pela ANA foi apresentada e discutida.

De forma geral, a utilização do VANT em atividades de fiscalização da ANA foi positiva e mostrou-se viável às atividades, principalmente em relação à qualidade das imagens, rapidez

e autonomia de aquisição e também facilidade de processamento. Nesse tipo de atividade, há necessidade de urgência e eficiência na obtenção de informações. As configurações de voo e as resoluções espaciais testadas atenderam às atividades, sendo que as imagens com 6 cm de resolução espacial mostraram detalhes importantes, que dependendo do objetivo do trabalho serão necessários. Por outro lado as imagens com 13 cm de resolução propiciaram maior produtividade com pequena perda de detalhes. Portanto, a configuração de voo e a resolução a ser obtida dependerão do objetivo de cada trabalho. O uso de faixas extensas de voo resultou em descontinuidade das feições, talvez pela baixa sobreposição entre as faixas, sendo necessário testar sobrevoo com maior recobrimento lateral.

Os resultados mostraram que as imagens adquiridas por VANT podem complementar e aprimorar as atividades já realizadas com imagens de satélite na Agência. Entretanto, para algumas atividades específicas, ter uma aeronave com maior autonomia e maior alcance de sinal e controle propiciaria maior produtividade no recobrimento e monitoramento dos corpos hídricos, uma vez que a ANA tem a sua principal atuação em rios e reservatórios de domínio federal, que em sua maioria tem grandes extensões. Por outro lado, pelas características das atividades, a aeronave deve ter dimensões que facilitem o transporte, ter facilidade de pouso e decolagem porque a atividade ocorre, muitas vezes, em locais com espaço restrito e com obstáculos. Além disso, é desejável manutenção simples e barata, com peças de reposição com facilidade de aquisição.

4. Referências Bibliográficas

Adabo, G. J. Long Range Unmanned Aircraft System for Power Line Inspection of Brazilian Electrical System. **Journal of Energy and Power Engineering**, v. 8, n. 2, p. 394-398, 2014.

Agência Nacional de Águas (ANA), Fiscalização e Cadastro. Disponível em <http://www2.ana.gov.br/Paginas/ institucional/SobreAna/Fiscalizacao.aspx>. Acesso em 21 out. 2014.

Almeida, W. S.; Silva, L. S.; Christakou, E. D.; Silva Junior, E. E. A.; Silva, C. P. L. Evaluation of unmanned aerial vehicles (UAV) high spatial resolution data to produce digital terrain model and visible spectral imagery. In: International Conference on Geographic Object-Based Image Analysis, 5, 2014, Thessaloniki. **Annals**… South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, Greece, 2014. v. 3. p. 239-243.

Amaral, G. F. **Estudo e Melhoria da Confiabilidade do Sistema de Controle Eletrônico de Voo de um Veículo Aéreo Não Tripulado**. 2009. 147 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrônica - Área de Dispositivos e Sistemas Eletrônicos) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos. 2009.

Amorim, A. L.; Christakou, E. D.; Silva, L. S. Uso de VANTs em Documentação Arquitetonica. In: Seminário Nacional de Documentação do Patrimônio Arquitetônico com o uso de Tecnologias Digitais, 2, 2012, Belém – PA. **Anais**... 2012.

Bicho, C. P.; Silva, L. S.; Medeiros, W. C.; Silva, C. A.; Junior, F. E. K.; Gondim, R. O.; Junior, J. C. S. J.; Chistakou, E. D.; Fonteles, H. R. N.; Almeida, A. B L. Projeto µVANT – uma parceria DNPM/UNB para desenvolvimento e uso de µVANTs na fiscalização de atividades minerais não tituladas. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 9316-9323. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0890.pdf>. Acesso em 17 jun. 2014.

Roig, H. L.; Ferreira, A. M. R.; Menezes, P. H. B. J.; Marotta, G. S. Uso de câmeras de baixo custo acopladas a veículos aéreos leves no estudo do aporte de sedimentos no Lago Paranoá. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 9332-9339. CD-ROM, On-line. Disponível em: < http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p1438.pdf>. Acesso em 24 set. 2014.

Silva, E. Veículos aéreos não tripulados: panorama atual e perspectivas para o monitoramento de atividades ilícitas na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 9324-9331. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/ p1457.pdf>. Acesso em 15 jul. 2014.