

VANT como ferramenta auxiliar na análise da cobertura e uso da terra

UAV as an auxiliary tool in analysis the cover and land use

Jonas Fernandes da Silva¹, Hugo Yuri Elias Gomes de Assis², Alisson V. Brito¹, Nadjacleia Vilar Almeida³,

¹ Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, Brasil, jonas@ccae.ufpb.br, alisson@ci.ufpb.br

² Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, hugo.ecologia@gmail.com

³ Laboratório de Cartografia e Geoprocessamento, Universidade Federal da Paraíba, Rio Tinto, Paraíba, Brasil, nadjacleia@ccae.ufpb.br

RESUMO

Veículos aéreos não tripulados (VANTs) são cada vez mais populares nas diversas tarefas do cotidiano devido às suas características vantajosas. Em estudos ambientais, a captação de imagens aéreas permite analisar (por fotointerpretação, por exemplo) ou processar estas imagens através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para mapeamento de áreas de interesse. Este artigo tem por objetivo comprovar a viabilidade de utilizar VANTs para a validação do mapeamento das tipologias de uso e cobertura da terra, e apresentar um sistema para reconhecimento automático de áreas de solo exposto a partir das imagens capturadas. O mapeamento foi realizado na região da Área de Proteção Ambiental (APA) da Barra do rio Mamanguape e está descrito no trabalho de Assis et al. (2014). A etapa de validação apresentada neste artigo utilizou um VANT de pequeno porte para a captação de imagens aéreas, cujo processamento para identificação de falhas na vegetação foi desenvolvido através da biblioteca de *software* de visão computacional *OpenCV*. Os resultados mostram a eficiência da utilização de VANTs para a validação, principalmente em locais de difícil acesso, e que o sistema desenvolvido possui uma margem de acerto considerável no reconhecimento de áreas de solo exposto.

PALAVRAS-CHAVE: Geotecnologia, Drone, Monitoramento ambiental.

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are becoming increasingly popular in the various daily tasks due to its advantageous features. In environmental studies, the aerial images allows the

analysis (by photo interpretation, for example) or process these images using Geographic Information Systems (GIS) for mapping areas of interest. This paper aims to prove the viability of using UAVs to validate the mapping of typology of use and land cover, also to present a system for automatic recognition of exposed soil areas from the captured images. The mapping was realized in the region of the Environmental Protection Area (EPA) the Barra do Rio Mamanguape and is described in the work Assis et al. (2014). The validation stage presented in this paper used a small UAV for capturing aerial images, whose processing to identify gaps in vegetation was developed by computer vision software library *OpenCV*. The results show the efficiency of the use of UAVs for validation, especially in hard to reach places, and that the system has a considerable hit margins in the recognition of exposed soil areas.

KEYWORDS: Geotechnology, Drone, Environmental monitoring.

1 - INTRODUÇÃO

O monitoramento ambiental é uma tarefa complexa e normalmente envolve a utilização de imagens de satélite que podem ser georreferenciadas e/ou analisadas através de técnicas de processamento digital de imagens em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), ou utilizadas para verificação de cobertura da terra.

Veículos aéreos não tripulados (VANTs) foram desenvolvidos inicialmente apenas para aplicações militares, hoje em dia são cada vez mais utilizados em todo o mundo em diversas aplicações, estendendo-se para o mapeamento e monitoramento ambiental de determinadas áreas devido às suas diversas características vantajosas, como a capacidade de percorrer uma distância considerável com segurança, tempo reduzido e menor custo, comparado, por exemplo, com o uso de um helicóptero tripulado ou a aquisição de imagens de satélite, além de ser possível a obtenção de imagens em dias nublados. A partir de uma imagem aérea é possível verificar falhas na vegetação e fazer a identificação de diversas tipologias do uso da terra em uma região.

Os veículos aéreos não tripulados são considerados pequenos quando não excedem o peso de 10 quilogramas (EHSANI; MAJA, 2013), possuindo a capacidade de realizar vôos autonomamente, com base em planos de vôos pré-programados auxiliados por GPS ou remotamente controlado através de um enlace de dados (LIU; DAI, 2010).

As aplicações ambientais do uso de VANTs são as mais variadas em todo o mundo, na agricultura, por exemplo, pode-se utilizar um VANT para verificar possíveis anormalidades como mostrado em (HERWITZ et al., 2004), onde o modelo *Pathfinder Plus* da NASA,

movido a energia solar, sobrevoava o espaço aéreo dos Estados Unidos monitorando uma plantação de café localizada no Hawaii coletando imagens por várias horas através de câmeras de alta resolução acopladas, com o objetivo de monitorar uma plantação em busca de identificar focos de ervas daninhas invasoras, anormalidades na irrigação ou fertilização. O modelo apresentado por (AHMAD et al., 2013) trata da obtenção de imagens aéreas para utilização em várias aplicações como o mapeamento temático e topográfico utilizando o modelo *CropCam*, produzido no Canadá; o VANT é auto-guiado por GPS e as imagens digitais são obtidas a partir de uma câmera de alta resolução, mostrando-se adequado para cobertura de áreas pequenas possibilitando o mapeamento de algumas situações, como o deslizamento de terras, erosão costeira, desmatamento ou mesmo gerar imagens para utilização em SIG. Os trabalhos abordados em (FELIZARDO et al., 2013a, 2013b) utilizam VANTs com o objetivo de coletar e analisar imagens aéreas digitais, detectando alterações não-autorizadas na terra, como por exemplo, desmatamento.

No Brasil, observa-se o crescente uso de VANTs para aplicações agrícolas, como mostra o estudo de (JORGE et al., 2014) apresentando o uso destes equipamentos na agricultura de precisão, mostrando a eficiência em detectar com alta precisão a infestação de *Huanglongbing* (HLB), uma doença bastante destrutiva encontrada na agricultura de citros no Brasil. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) tem investido no desenvolvimento de plataformas capazes de operar nas diversas condições em áreas agrícolas, desenvolvendo softwares de sistema de captura de imagens adequadas para diferentes aplicações, bem como nos projetos de aeronaves para aplicações agrícolas.

Em muitas outras situações o uso de VANTs pode ser essencial para o monitoramento, pois como descreve (ASSIS et al., 2014), na tarefa do mapeamento de classes de paisagens, foram encontradas algumas dificuldades como inacessibilidade a alguns locais para a validação dos dados, além da impossibilidade de realizar um mapeamento em nível detalhado devido à escala utilizada a partir das imagens de satélite, inviabilizando a visualização da complexa diversidade de cobertura e uso da região.

Este artigo tem por objetivo comprovar a viabilidade de utilizar um VANT de pequeno porte para a validação do mapeamento das tipologias de uso e cobertura da terra através das imagens aéreas, além de apresentar um sistema de processamento de imagens capaz de identificar automaticamente áreas de solo exposto no interior de uma vegetação. Este trabalho é relevante por apresentar uma solução de baixo custo capaz de auxiliar as análises ambientais, principalmente nas regiões de difícil acesso humano, além de identificar e estimar um percentual de solo exposto de forma rápida e precisa para as imagens obtidas.

Na seção 2 são apresentadas características das funcionalidades do sistema para detecção de áreas de solo exposto, bem como a metodologia utilizada para a validação. Na seção 3 são apresentados os resultados com algumas imagens obtidas pelo VANT e um exemplo de estimativa de áreas de interesse na imagem. Por fim, na seção 4 apresentam-se as considerações finais.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

A primeira parte descreve os métodos utilizados na implementação do algoritmo para o processamento das imagens, envolvendo etapas de pré-processamento e segmentação. A segunda parte desta seção apresenta os métodos utilizados para a validação dos grupos dominantes de paisagem.

As imagens aéreas foram obtidas por um VANT tipo quadricóptero, modelo *DJI Phantom FC-40* (Figura 1) controlado remotamente nas mediações da APA da Barra do rio Mamanguape, situada no município de Rio Tinto, no estado da Paraíba. O modelo utilizado possui uma câmera acoplada e realiza captura de imagens com resolução de 1280 x 720 pixels; tais imagens foram utilizadas para a validação do mapeamento e inseridas no sistema de processamento de imagens descrito neste artigo de forma a identificar e gerar dados de percentagem das áreas de solo exposto em relação às áreas de vegetação natural e/ou monocultura/policultura.

Figura 1-Modelo de VANT FC-40 utilizado na obtenção de imagens



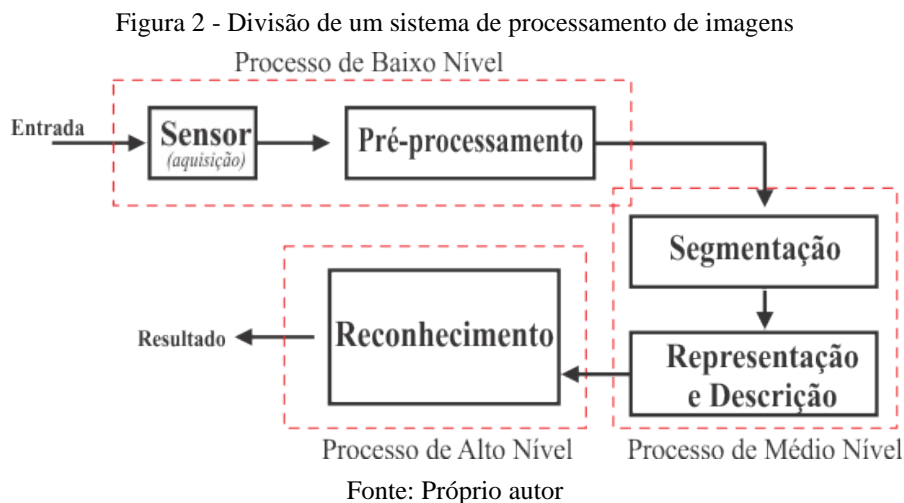
Fonte: Próprio autor

Processamento de imagens

A etapa de processamento de imagens utilizada neste trabalho consiste em tornar a imagem real em uma imagem binarizada, de forma que a área de solo exposto apresente-se em destaque em relação à área da vegetação; para isso, o sistema trata algumas etapas anteriores realizando todo o pré-processamento necessário. A aplicação foi desenvolvida a partir da

biblioteca *OpenCV* (*Open Source Computer Vision Library*) em C++ em um ambiente Linux. *OpenCV* consiste em uma biblioteca multiplataforma de *software* de visão computacional de código aberto.

Considerando que a representação de uma imagem digital $f(x, y)$ pode ser organizada em uma matriz numérica de dados (BRADSKI; KAEBLER, 2008), onde o ponto de intersecção de uma linha e uma coluna é chamado de elemento de imagem, conhecido como pixel, que armazena o valor de intensidade de luz, ou nível de cinza, na coordenada do pixel, o processamento digital de imagens consiste em alterar valores desta matriz numérica de forma a modificar alguns parâmetros da imagem para a execução de determinada tarefa. Basicamente, o método implementado é baseado no modelo apresentado por (GONZALEZ; WOODS, 2010) que divide um sistema de processamento de imagens em três processos, da aquisição ao reconhecimento: baixo, médio e alto nível, conforme a Figura 2. Como o intuito deste trabalho é avaliar a viabilidade de utilizar VANT e analisar o resultado do método de identificação das falhas, algumas etapas do processamento não serão detalhadas. O resultado apresentado neste artigo é obtido a partir da implantação de etapas de pré-processamento e segmentação de imagens.



Uma etapa de pré-processamento tem por objetivo melhorar a imagem, buscando aumentar as chances de sucesso das etapas seguintes do sistema, como por exemplo, a redução de ruídos em uma imagem utilizando um filtro Gaussiano espacial (KONTITSIS et al., 2004). O pré-processamento realizado nas imagens obtidas transformou as imagens originais em tons de cinza permitindo realizar a etapa de limiarização e foi implementado através do parâmetro *cvtColor* disponível na biblioteca *OpenCV*. Em seguida, a etapa de

limiarização foi empregada (ROSIN; IOANNIDIS, 2003), onde imagem formada foi composta por objetos claros sobre um fundo escuro de tal forma que os pixels do objeto e do fundo tivessem valores de intensidade agrupados em dois grupos dominantes.

A função de limiarização para a imagem apresentada nesta etapa utilizou um limiar $T = 200$, definida através da função *threshold*, isso significa que valores de pixels inferiores a 200 serão definidas como zero, caso contrário, serão definidos com valor igual a um, culminando em um processo também conhecido como *binarização de imagens*. O valor T foi definido a partir de valores testados inicialmente, onde escolheu-se visualmente a melhor representação de áreas de solo exposto, valor este que varia de acordo com o tipo da vegetação, devido às características intrínsecas pertencentes ao grupo de imagens.

A etapa de segmentação foi baseada na técnica *watershed* que trata de um algoritmo de segmentação de imagens popular e consiste na visualização de uma imagem em três dimensões, similar a uma superfície topográfica, onde se têm as duas coordenadas espaciais x e y e a altura é igual ao nível de cinza do pixel correspondente (BIENIEK; MOGA, 2000). Esta etapa consiste em ressaltar os dois grupos dominantes de pixels da imagem pré-processada, de modo que o resultado final possa unir pixels desconexos com a mesma intensidade, removendo pequenos ruídos brancos gerando uma imagem de saída ressaltando as áreas de interesse.

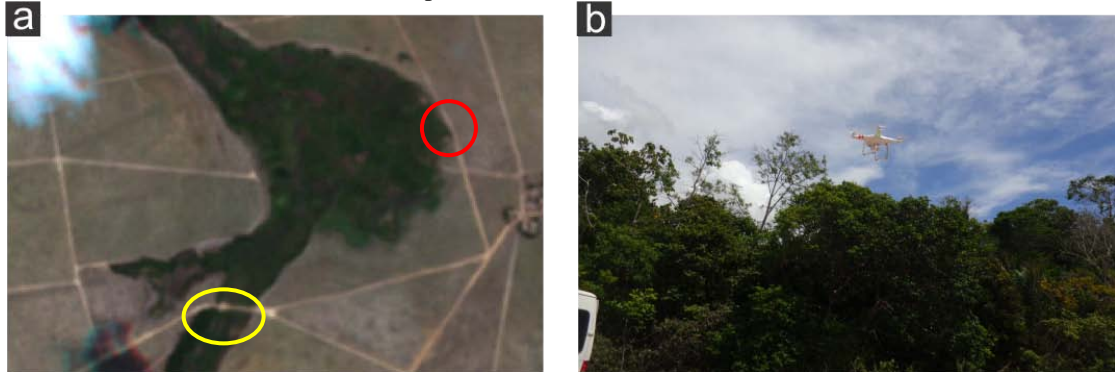
Uma parte do código é responsável por fazer a contagem dos pixels, cujo valor pode ser 0 (zero) ou 255, respectivamente, representando as cores pretas e brancas da imagem binarizada, de forma que um percentual de falhas possa ser calculado.

Etapa de validação

O mapeamento realizado por Assis (2014) teve como base imagens do satélite *RapidEye*, do ano de 2011 (Figura 3a), com resolução espacial de 5x5 metros e com baixa cobertura de nuvens. No entanto, devido à extensão da área mapeada e a presença de algumas áreas encobertas por nuvens, a aquisição de pontos de verdade terrestre (VT) para validação dos dados de sensoriamento remoto orbital foi essencial. Assim, foram realizados trabalhos de campo com o objetivo de adquirir coordenadas geográficas das tipologias de uso e cobertura da terra, identificadas no mapeamento. Em alguns locais, as condições naturais (mangue fechado e áreas de inundação, por exemplo) impossibilitaram o acesso ao local exato selecionado para coleta da coordenada geográfica, limitando o acesso terrestre. Com o uso do VANT (Figura 3b) essa limitação foi superada e foi possível adquirir dados de VT (Figuras 4a e 4b) para comprovação do mapeamento. Assim, o imageamento aéreo realizado com o uso

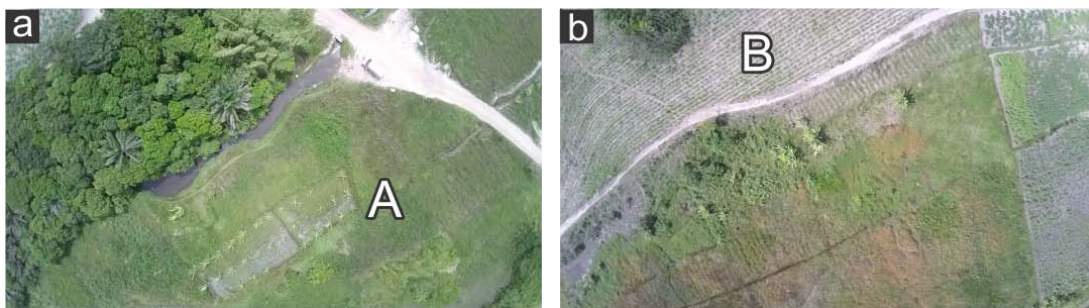
de VANTs estabelece novos padrões de qualidade em relação à resolução espacial das imagens adquiridas nos levantamentos aéreos.

Figura 3 - Imagem de satélite *RapidEye* da área do mapeamento (a), onde o círculo amarelo e vermelho indica, respectivamente, regiões da Figura 4a e 4b; e VANT decolando para sobrevoar na área de vegetação natural em um dos locais onde o acesso é restrito ou impossibilitado (b).



Fonte: Satélite *RapidEye*, Ano: 2011 (a), Próprio autor. Imagens obtidas em 20/04/2015 (b)

Figura 4 - Imagens aéreas obtidas pelo VANT



Fonte: Próprio autor. Imagens obtidas em 20/04/2015

Devido a alta resolução das imagens obtidas, os dados extraídos para descrição e identificação das classes de paisagem tornam-se mais confiáveis e fiéis à realidade de campo tanto em relação à espacialização, quanto em relação à fidelidade na descrição e identificação da cobertura da terra, com tempo e gastos reduzidos.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a utilização do VANT foi possível identificar áreas com maior precisão em comparação às imagens de satélite (Figura 3a), inclusive com a visualização de policulturas, como por exemplo, banana e cana-de-açúcar, indicadas respectivamente nas regiões A e B das Figuras 4 'a' e 'b', complementado com a identificação das espécies em campo, além de agilizar o tempo da tarefa de mapeamento.

Dois campos realizados com a finalidade de conferir a verdade terrestre de uma área de mangue de difícil acesso, e que se apresentava coberta por nuvens na imagem de satélite,

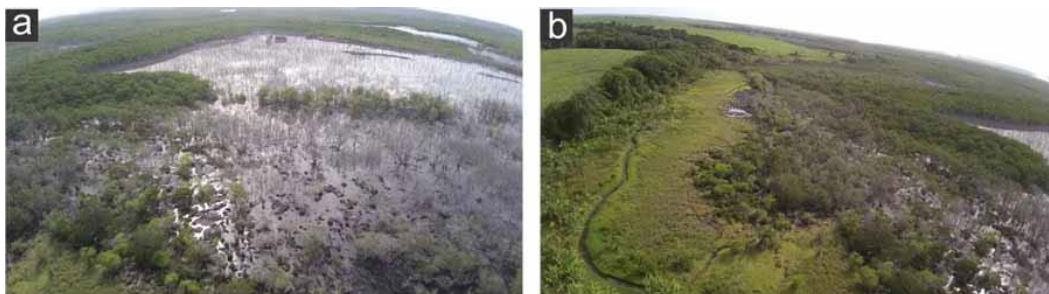
comprovaram a viabilidade do uso do VANT. O primeiro campo foi realizado por uma equipe de quatro pesquisadores (ASSIS, 2014) e demandou uma manhã inteira de atividade de campo, necessitando de embarcação cedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e grande esforço de caminhada com tempo médio de duas horas dentro do mangue (Figura 5a e 5b) para que fosse possível a verificação da tipologia onde havia a sobreposição das nuvens na imagem de satélite. Um segundo campo foi realizado, para esta pesquisa, no mesmo local do campo anterior e levaram-se apenas quinze minutos para se obter imagens aéreas (Figura 6a e 6b) com qualidade suficiente (alta resolução) para uma descrição mais fidedigna da cobertura.

Figura 5 - Parte do trecho percorrido pelos pesquisadores na atividade de campo realizado na pesquisa de Assis et. al. 2014 em embarcação cedida pelo ICMBio (a) e dificuldade na caminhada em solo de mangue (turfa) (b).



Fonte: Acervo pessoal do pesquisador Hugo Yuri / Data: 23/11/2013

Figura 6 - Exemplos de imagens aéreas obtidas pelo VANT

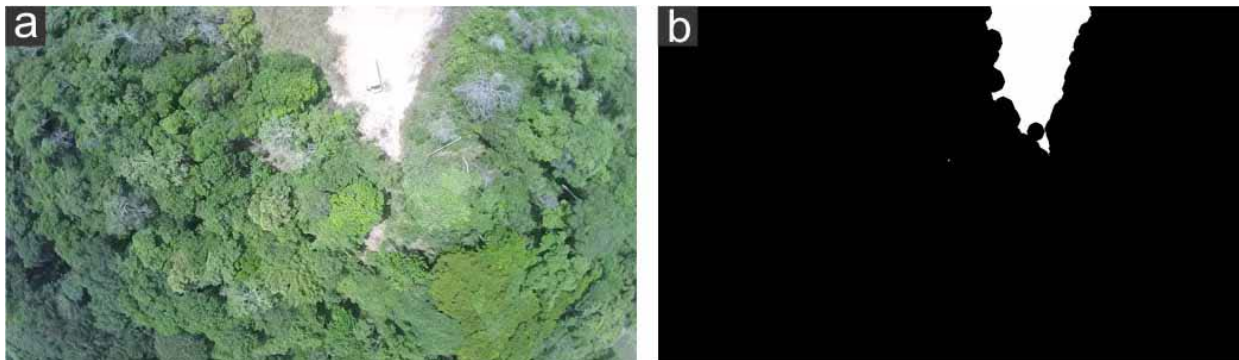


Fonte: Próprio autor. Imagens obtidas em 20/04/2015

Quanto ao processamento das imagens obtidas pelo sistema apresentado, observa-se uma margem de acerto considerável na identificação de áreas de solo exposto na vegetação, conforme podemos visualmente inferir a partir da comparação entre as Figuras 7a e 7b. Apesar das imagens obtidas apresentarem uma leve distorção de geometria devido às características da câmera utilizada, pode-se, além da análise visual, estimar de maneira

aproximada um percentual de áreas degradadas. Desta forma o sistema calculou um percentual aproximado de 3,65% de áreas de solo exposto na imagem apresentada na Figura 7b, otimizando a análise de percentagem entre as diferentes fisionomias, podendo ser aplicado na agricultura comparando áreas de adensamento da plantação com áreas com menor densidade ou com ausência da cultura, por exemplo.

Figura 7 - Imagem de entrada original (a) e a saída gerada pelo sistema (b).



Fonte: próprio autor. Imagem obtida em 20/04/2015 (7a)

Os resultados obtidos neste artigo envolveram várias etapas de pré-processamento para melhoria das imagens de entrada, dispensando qualquer tipo de pré-processamento manual, como ocorre em (FELIZARDO et al., 2013b). Assim, a imagem original é inserida no sistema que fará o processamento e resultará em uma saída binarizada com o cálculo aproximado da área de falhas, reduzindo o esforço humano para tratamento das imagens e obtenção de resultados, otimizando as análises dos dados gerados.

4 - CONCLUSÕES

O uso de VANTs tanto pode contribuir para otimização dos estudos agropecuários, quanto dos estudos ambientais naturais e culturais, reduzindo gastos e gerando dados mais fiéis à realidade de campo. O sistema de reconhecimento de áreas de solo exposto contribui para uma análise rápida das imagens, dando suporte para complementar um diagnóstico preciso em curto período de tempo tornando ágil a tomada de decisão.

Os resultados obtidos demonstram que o uso de VANTs para auxiliar na tarefa de validação de mapeamento de áreas para estudos ambientais é uma solução viável, com custo relativamente baixo e que melhora significativamente a compreensão da análise do uso da terra.

Este artigo atingiu o objetivo esperado, contribuindo através de uma solução de baixo custo para a correta identificação de regiões de interesse, que no caso tratou de áreas de solo exposto na vegetação, através de um sistema leve eficiente.

AGRADECIMENTOS

Ao CCAE/UFPB e ao ICMBio pelo apoio logístico relacionados ao transporte e alojamento.

REFERÊNCIAS

AHMAD, A.; TAHAR, K. N.; UDIN, W. S.; et al. Digital Aerial Imagery of Unmanned Aerial Vehicle for Various Applications. IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering. p.535–540, 2013. Penang, Malaysia.

ASSIS, H. Y. E. G. DE; ALMEIDA, N. V.; SANTOS, A. A. DOS. Mapeamento das unidades de paisagem da área de proteção ambiental da Barra do Rio Mamanguape – PB. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, 2014.

BIENIEK, A.; MOGA, A. An efficient watershed algorithm based on connected components. Patter Recognition, v. 33, p. 907–916, 2000.

BRADSKI, G.; KAEBLER, A. Learning OpenCV. 2008.

EHSANI, R.; MAJA, J. M. The rise of small UAVs in precision agriculture. Resource: Engineering & Technology for a Sustainable World, v. 20, p. 18+, 2013.

FELIZARDO, L. F.; MOTA, R. L.; SHIGUEMORI, E. H.; et al. Expanding Small UAV Capabilities with ANN. Second International Conference on Image Information Processing (ICIIP-2013). p.516–520, 2013a. Himachal Pradesh, Índia.

FELIZARDO, L. F.; MOTA, R. L.; SHIGUEMORI, E. H.; et al. Using ANN and UAV for terrain surveillance. 13th International Conference on Hybrid Intelligent Systems (HIS 2013). p.1–5, 2013b. Yasmine Hammamet, Tunísia: IEEE.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. C. Digital Image Processing. 3rd Edition. Prentice Hall, 2007.

HERWITZ, S. .; JOHNSON, L. .; DUNAGAN, S. .; et al. Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. Computers and Electronics in Agriculture, v. 44, n. 1, p. 49–61, 2004.

JORGE, L. A. C.; BRANDÃO, Z. N.; INAMASU, R. Y. Insights and recommendations of use of UAV platforms in precision agriculture in Brazil. (C. M. U. Neale & A. Maltese, Eds.)Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVI, v. 9239, n. 2004, p. 923911, 2014.

KONTITSIS, M.; VALAVANIS, K. P.; TSOURVELOUDIS, N. A UAV Vision System for Airborne Surveillance. International Conference on Robotics & Automation. p.77–83, 2004. New Orleans, LA, Estados Unidos.

LIU, Y.; DAI, Q. A Survey of Computer Vision Applied in Aerial Robotic Vehicles. Optics Photonics and Energy Engineering (OPEE). p.277–280, 2010. Wuhan, China.

ROSIN, P. L.; IOANNIDIS, E. Evaluation of global image thresholding for change detection. Pattern Recognition Letters, v. 24, n. 14, p. 2345–2356, 2003.