

## Uso de VANTs e processamento digital de imagens para a quantificação de áreas de solo e de vegetação

Arthur Avelar Chaves <sup>1</sup>  
Rodrigo Antonio La Scalea <sup>2</sup>  
Adimara Bentivoglio Colturato <sup>1</sup>  
Célia Leiko Ogawa Kawabata <sup>2</sup>  
Edson Luiz Furtado <sup>3</sup>  
Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo - USP/ICMC  
Av. Trabalhador São Carlense, 400 - Centro - CEP: 13566-590 - São Carlos, SP, Brasil  
arthurac@usp.br; adimara@gmail.com; kalinka@icmc.usp.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - IFSP  
Rodovia Washington Luís, Km 235 - CEP 13.565-905 - São Carlos, SP, Brasil  
la.scalea@me.com; celiak@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas - Unesp  
Rua José Barbosa de Barros, 1780 - CEP 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil  
elfurtado@fca.unesp.br

**Abstract.** Unmanned aerial vehicles (UAVs) are becoming a very popular tool for remote sensing and crop monitoring. They are more easily deployed, cheaper and can obtain images with higher spatial-resolution than satellites. Some small, commercial UAVs can obtain images with spatial-resolution as low as 1.5cm per pixel. This opens up the range of possible remote sensing and monitoring applications. Moreover, they can cover large areas in very little time, such as 50 ha in about 20min, which makes UAVs the ideal tool for monitoring large farms and plantations. On the other hand, it is important to know precisely the area covered by farms in order to avoid invasion of other properties or preserved areas, and also to detect flaws in the plantation area. However, it is difficult to measure planted areas in some cases, such as Eucalyptus crops. Therefore, this paper aims to evaluate the use of UAV imagery for precise area measurement in Eucalyptus crops. We develop an image processing algorithm to segment regions of soil, low biomass and high biomass and tested it on a Eucalyptus plantation in the city of Lençóis Paulista -SP, Brazil. Results show that the area quantification is very accurate, especially for bare soil regions and this method can be used to estimate areas in other scenarios.

**Palavras-chave:** image segmentation, Uav, area measurement, segmentação de imagens, Vant, quantificação de área.

### 1. Introdução

O cultivo de eucalipto apresenta um papel de destaque no cenário nacional e internacional. Possui rápido crescimento, alta produtividade, ampla diversidade de espécies,

grande capacidade de adaptação e é aplicado em diferentes processos industriais. Além disso, caracteriza-se pela grande diversidade de produtos, nos segmentos industriais de papel e celulose, painéis de madeira industrializada, madeira processada mecanicamente, siderurgia a carvão vegetal e biomassa (Abraf, 2013).

Visando aumentar a eficiência, com base no manejo diferenciado de áreas na agricultura, a Agricultura de Precisão (AP) vem sendo adotada (Mantovani et al., 1998). Aliada ao uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) e ao uso do sensoriamento remoto pode ser aplicada no monitoramento de safras (plantio até a colheita); gestão e logística da produção; estimativa de produção; contagem de plantas; detecção de falhas de plantio; estresse hídrico; nutrição e detecção de pragas e doenças.

O sensoriamento remoto consiste na “utilização conjunta de sensores, equipamentos, aeronaves, espaçonaves entre outros, com objetivo de estudar o ambiente terrestre por meio do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações” (Novo, 1989). Como é baseado na radiação refletida das folhagens, as diferenças de reflectância podem ser obtidas e utilizadas de forma eficiente para mapear e quantificar a biomassa, bem como falhas presentes no meio da plantação. Uma das grandes vantagens do sensoriamento remoto na agricultura é a capacidade de mapeamento de grandes áreas em curtos espaços de tempo. Outra vantagem é a possibilidade de uma visão aérea da cultura, que pode revelar detalhes não observáveis pela visão no nível do solo.

O uso de VANTs vem sendo adotado nos estudos de sensoriamento remoto pois proporciona baixo custo de aquisição de dados de alta resolução espacial quando comparados a uma aeronave tripulada ou satélite para os mesmos fins (Jensen, 2009). Acrescenta-se ainda a vantagem das imagens obtidas serem mais acuradas e possíveis de serem obtidas a qualquer momento, inclusive de serem feitas mais de uma vez no mesmo dia, diferentemente das obtidas de satélites.

No cenário florestal o uso de VANTs aliado a técnicas de processamento de imagens tem sido foco de muitas pesquisas (SUGIURA et al., 2005; HUNT et al., 2010; LALIBERTE et al., 2011), principalmente o uso de índices de vegetação que são valores obtidos a partir de manipulação matemática de medidas da reflectância espectral e podem ser aplicados para diversas finalidades como estimativas de biomassa, evolução da cobertura vegetal e quantificação de produção.

Dentre os vários índices de vegetação, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) destaca-se como uma ferramenta para monitoramento de áreas agrícolas. É calculado a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas do infravermelho próximo (NIR) e do vermelho (Rouse et al., 1973).

Este artigo está organizado da seguinte maneira. A seção 2 apresenta a metodologia de trabalho; a seção 3 apresenta resultados e discussões; a seção 4 conclui o artigo.

## **2. Metodologia de Trabalho**

Na presente pesquisa a metodologia pode ser dividida em duas etapas: (i) aquisição da imagem e (ii) processamento digital de imagens (PDI). As quais são detalhadas a seguir.

A primeira etapa foi realizada em um plantio comercial de eucalipto no município de Lençóis Paulista. Neste plantio foi realizada a aquisição de imagens digitais pela câmera Canon ELPH 110 HS, que possui um sensor capaz de capturar os canais verde (G), vermelho (R) e

infravermelho próximo (NIR), acoplada ao eBee (Figura 1), um VANT de pequeno porte produzido pela Sensefly<sup>1</sup>. A resolução espacial das imagens adquiridas foi de 4cm por pixel com altitude de voo de 130 metros e resolução radiométrica de  $2^8$  bits.



**Figura 1.** VANT eBee

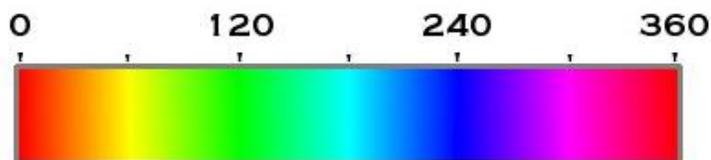
Após a obtenção das imagens iniciou-se a segunda etapa que se refere ao PDI das imagens derivadas da primeira etapa. Os procedimentos utilizados foram desenvolvidos em linguagem C++ juntamente com a biblioteca OpenCV<sup>2</sup>.

O valor do NDVI foi calculado para cada pixel na imagem de acordo com a Equação 1, proposta por (Rouse et al.,1973):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

onde *Red* e *NIR* são, os valores dos canais vermelho e infravermelho próximo, respectivamente.

Em seguida, foi criada uma imagem em pseudo-cores utilizando o modelo de cor HSV (*Hue, Saturation and Value*), sendo que para cada pixel, o valor do *Hue* (H) é proporcional ao valor do NDVI do respectivo pixel. Em outras palavras, se o NDVI de um determinado pixel for muito alto (próximo de 1), ele ficará com um valor muito alto de H (cor magenta), por outro lado, se o valor do NDVI for muito baixo, o pixel será colorido com um H baixo (cor vermelha). A escala do modelo HSV é ilustrada na Figura 2.



**Figura 2.** Variação do *Hue* no modelo de cores HSV

<sup>1</sup> [www.sensefly.com](http://www.sensefly.com)

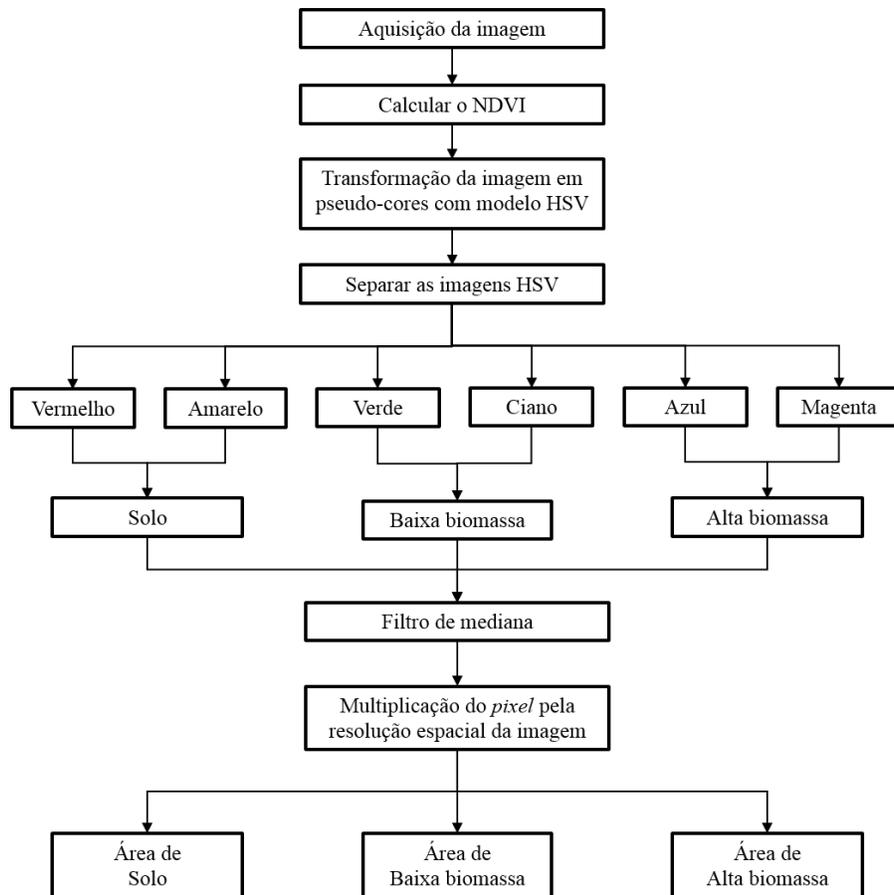
<sup>2</sup> [opencv.org](http://opencv.org)

O uso do esquema de cores facilita a diferenciação dos elementos na imagem para o olho humano, bem como facilita a separação dos objetos para o algoritmo desenvolvido. Assim, é possível isolar os pixels de solo apenas selecionando os pixels com valores entre o vermelho e o amarelo. Analogamente, o mesmo pode ser feito para vegetação de baixa e alta biomassa selecionando, respectivamente, os pixels entre o verde e o ciano, e entre o azul e o magenta.

A partir desse fatiamento foram geradas seis imagens binárias (pixels de valor 0 ou 255) uma para cada cor primária do esquema HSV, que posteriormente, foram agrupadas em três imagens uma para cada área de interesse (solo, baixa e alta biomassa). Para reduzir o ruído nas imagens que representam as áreas de baixa e alta biomassa foi aplicado um filtro não linear da mediana de tamanho 7x7. Assim, as áreas segmentadas se tornam mais homogêneas e contínuas.

Finalmente, com as regiões de interesse já separadas, o processo de quantificação de áreas se torna simples, visto que basta contar os pixels brancos em cada uma das três imagens e multiplicar pela resolução espacial. Assim, obtém-se uma estimativa do tamanho da área de solo, vegetação de baixa e de alta biomassa.

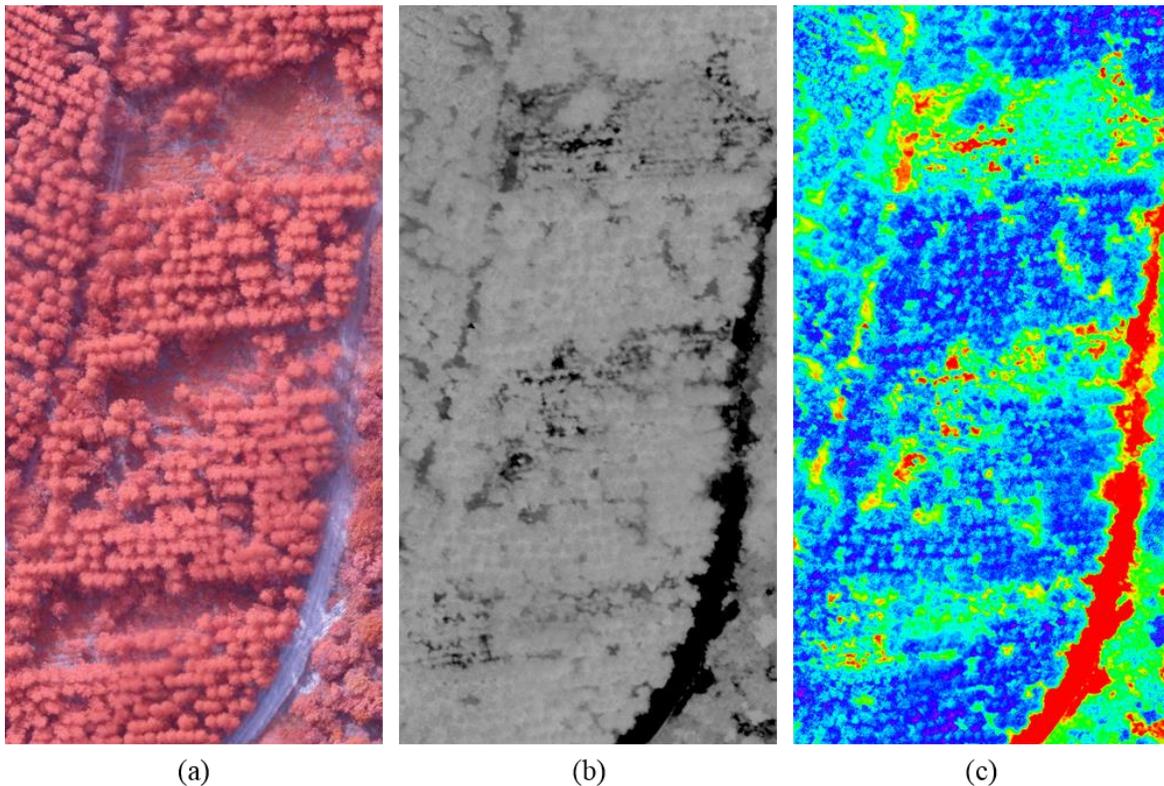
Na Figura 3 é ilustrado o diagrama de blocos com as etapas que foram descritas anteriormente.



**Figura 3.** Diagrama de blocos explicativo das etapas metodológicas.

### 3. Resultados e Discussão

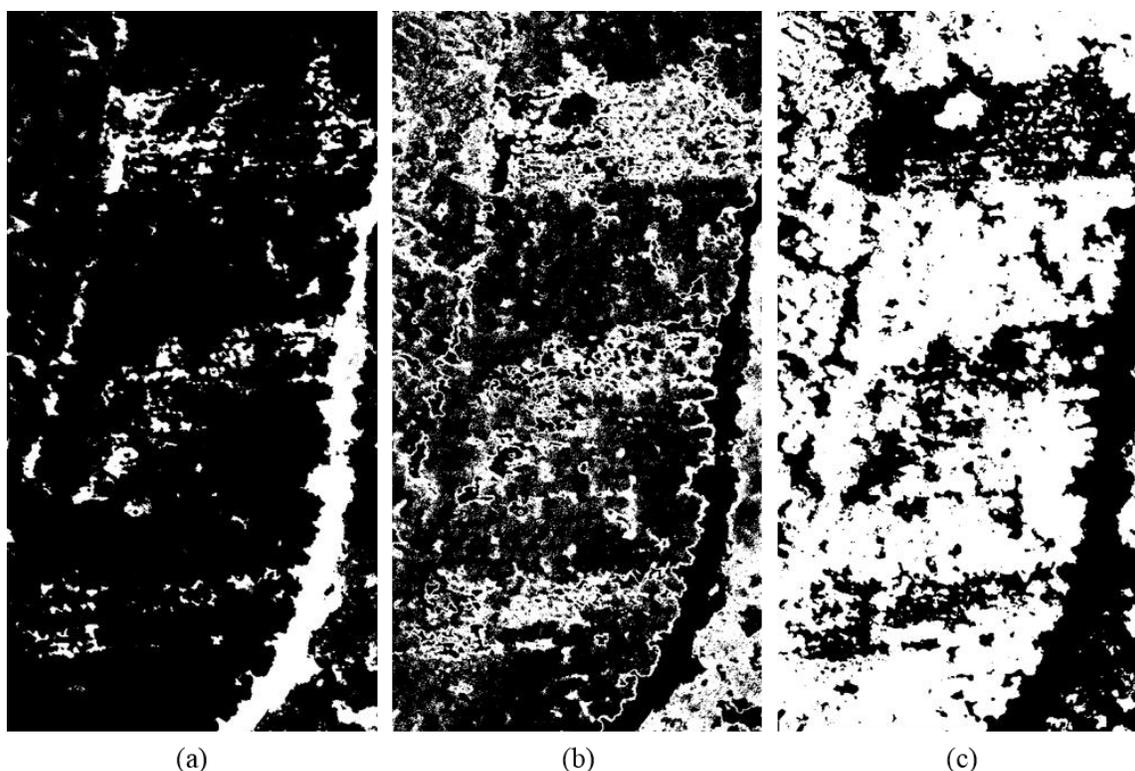
Inicialmente é necessário apresentar a imagem obtida na primeira etapa metodológica que é ilustrada na Figura 4a. Nesta Figura 4a é possível observar a área de estudo com resolução espacial de 4 cm em composição colorida com os canais NIR-G-R. As Figuras 4b e 4c apresentam o resultado do cálculo do NDVI de forma tradicional (em escala de cinza) e o NDVI com as pseudo-cores no modelo HSV, respectivamente.



**Figura 4.** (a) Área de estudo, (b) NDVI em escala de cinza (c) NDVI em pseudo-cores

Essa transformação é importante principalmente para interpretação visual, pois o olho humano dificilmente percebe a variação de intensidade superior a **30 tons de cinza** (Crosta, 1993). Essa modificação também é significativa para o algoritmo empregado, pois permitiu o fatiamento da imagem em seis novas imagens de acordo com as seis cores primárias presentes no sistema HSV, como foi apresentado no diagrama de blocos na Figura 3, o que permitiu a identificação dos elementos desejados e uma nova organização de acordo com as classes desejadas.

Os resultados da segmentação das classes solo, baixa biomassa e alta biomassa podem ser observados nas Figuras 5a, 5b e 5c, respectivamente. Já nas Figuras 6, 7 e 8 são ilustrados recortes nos quais se pode observar com mais detalhes os resultados da segmentação das áreas de solo, baixa biomassa e alta biomassa, respectivamente.



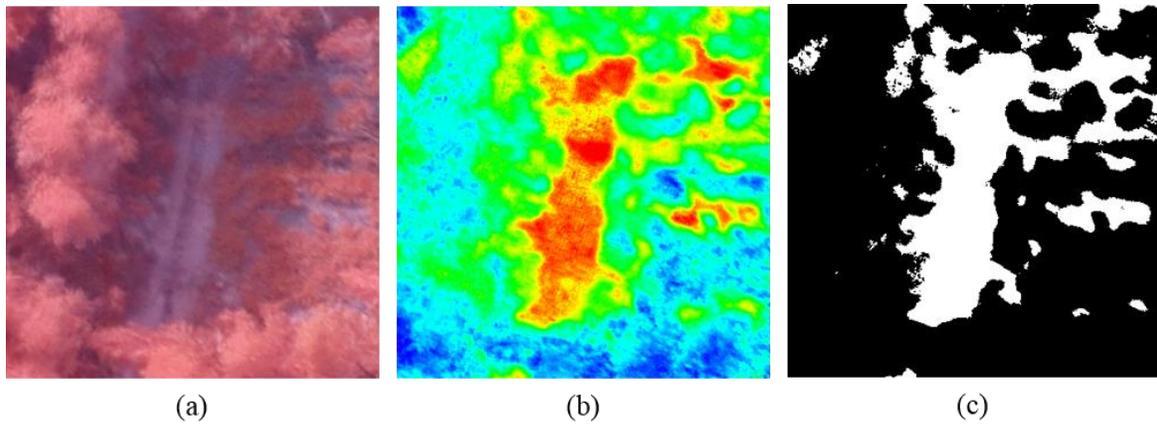
**Figura 5.** Resultado do fatiamento das cores para (a) solo, (b) baixa biomassa e (c) alta biomassa, ambos com a utilização do filtro de mediana.

Após a realização da segmentação e da utilização do filtro de mediana, foi utilizado um algoritmo para percorrer as imagens separadamente e então quantificar os elementos de cada uma das classes, como mencionado na etapa metodológica. Os resultados da contagem podem ser observados na Tabela 1.

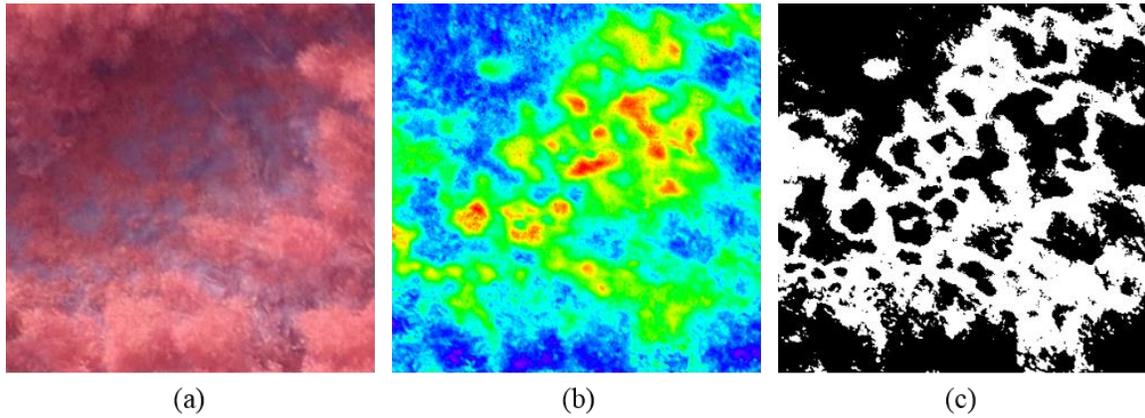
**Tabela 1.** Resultado da contagem de pixels obtidos pelo algoritmo empregado e a conversão em unidades de medida m<sup>2</sup> e ha por classe.

Unidades	Solo	Baixa biomassa	Alta Biomassa	Total
<i>Pixel</i>	799559	1920186	3773618	6493363
m <sup>2</sup>	1279,29	3072,3	6037,79	10389,38
ha	0,12	0,3	0,6	1,02

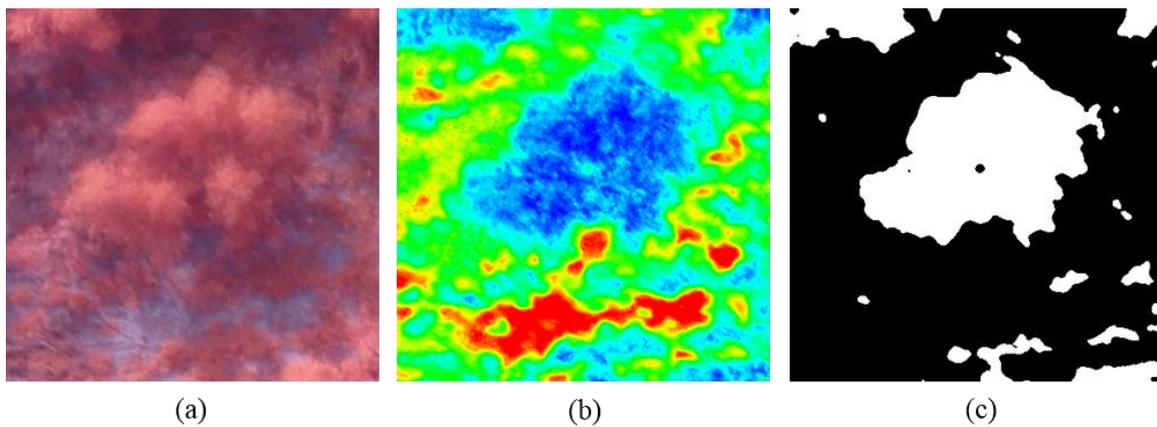
Na tabela acima é possível observar que a área de maior predominância é a de alta biomassa com cerca de 58,82%, em segundo lugar a baixa biomassa com 29,41% e por último o solo com 11,76%.



**Figura 6.** Recorte comparativo entre (a) imagem bruta, (b) resultado NDVI - HSV e (c) resultado agrupamento solo exposto.



**Figura 7.** Recorte comparativo entre (a) imagem bruta, (b) resultado NDVI - HSV e (c) resultado agrupamento área com baixa biomassa.



**Figura 8.** Recorte comparativo entre (a) imagem bruta, (b) resultado NDVI - HSV e (c) resultado agrupamento de alta biomassa.

#### 4. Conclusões

O principal objetivo deste trabalho foi a quantificação de áreas de solo, de baixa e de alta biomassa a partir de imagens aéreas no infravermelho próximo obtidas por um VANT. Para tal foi desenvolvido um algoritmo de processamento de imagens para realizar a segmentação dessas áreas. Além disso, o uso do modelo de cores HSV auxilia em muito a visualização das diferenças nos valores do NDVI.

O algoritmo de quantificação de áreas conseguiu estimativas muito boas, principalmente no tamanho da área de solo. Entretanto, houve um certo erro na classificação das áreas de baixa e de alta biomassa que deve ser tratado para se obter uma estimativa mais precisa do tamanho dessas áreas. Sendo assim, trabalhos futuros têm como objetivo melhorar o algoritmo de segmentação para que se obtenha informações mais precisas do tamanho de área plantada e de áreas de falha.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq, processos 155288/2014-8 e 147416/2014-0, e da FAPESP, processo 2012/08498-5.

#### Referências Bibliográficas

ABRAF - Associação Brasileira Florestal dos Produtores de Florestas Plantadas. Disponível em: [http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13\\_BR.pdf](http://www.abraflor.org.br/estatisticas/ABRAF13/ABRAF13_BR.pdf) Acesso em 01/2014.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: Uma perspectiva sobre recursos terrestres**. São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2009.

MANTOVANI, E.C.; QUEIROZ, D.M.; DIAS, G.P. Máquinas e operações utilizadas na agricultura de precisão. In: SILVA, F. M. da.(Coord.). **Mecanização e agricultura de precisão**. Poços de Caldas : UFLA/SBEA, 1998. p.109-157.

NOVO, E.M. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Edgard Blucher. 1989. 308p.

ROUSE J. W.; HAAS, R. H; SCHELL, J. A; DEERING D. W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ETRS**. In: Third ETRS Symposium, NASA SP353, Washington, DC. 1:309-317. 1973.

CROSTA, A.P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas: Instituto de Geociências/UNICAMP, 1993, 170 p.

SUGIURA, R.; NOGUCHI, N.; ISHII, K.; **Remote-sensing Technology for Vegetation Monitoring using an Unmanned Helicopter**. Biosystems Engineering, Vol. 90, Issue 4, Abril 2005, p. 369-379, ISSN 1537-5110

LALIBERTE, A.S.; GOFORTH, M.A.; STEELE, C.M.; RANGO, A. **Multispectral Remote Sensing from Unmanned Aircraft: Image Processing Workflows and Applications for Rangeland Environments**. Remote Sensing. 2011, 3, 2529-2551.

HUNT, E.R. Jr.; HIVELEY, W.D.; FUJIKAWA, S.J.; LINDEN, D.S., DAUGHTRY, C.S.T., MCCARTY, G.W. **Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring**. Remote Sensing. 2010; 2(1):290-305.