

Estimativa da fração coberta do solo em canavial usando imagens aéreas obtidas por Vants.

Ariovaldo Luchiari Junior¹, Gustavo Costa Rodrigues¹, João Camargo Neto¹, Fabio Cesar da Silva¹, Lúcio André de Castro Jorge²

¹ Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, São Paulo, Brasil,
ariovaldo.luvhiari@embrapa.br, gustavo.rodrigues@embrapa.br, joao.camargo@embrapa.br,
fabio.silva@embrapa.br

² Embrapa Instrumentação, São Carlos, São Paulo, Brasil, lucio.jorge@embrapa.br

RESUMO

Avaliações do crescimento e desenvolvimento da cultura podem ser feitas por métodos diretos, em geral destrutivos e com limitação do número de amostras que podem ser analisadas simultaneamente. Dessa forma é de interesse o desenvolvimento e teste de técnicas remotas não destrutivas para avaliação da estrutura do dossel das plantas, estimativa de parâmetros agronômicos, monitoramento do crescimento e desenvolvimento, estado nutricional e sanitário das plantas. Considerando o crescente uso de imagens aéreas digitais obtidas por veículos aéreos não tripulados (Vants), o presente trabalho tem por propósito obter e analisar imagens digitais REG obtidas por câmera acoplada a um vant para estimar a fração coberta do solo na cultura da cana de açúcar plantada em diferentes arranjos espaciais. O classificador espaço de cor CIELab foi utilizado para separar as classes pertencentes as regiões de solo e de planta e o método de cluster k-means para reconstrução das imagens digitais RGB e para a estimativa da fração de cobertura vegetal verde do solo. As imagens aéreas RGB foram obtidas por câmara digital convencional acoplada ao Vant. Apesar de o método ter conseguido detectar a variação no número de colmos totais da parcela, ainda requer aprimoramentos, como o desenvolvimento de software específico para automatização do processo de análise das imagens e passar por validação através da comparação com outras medidas alternativas relacionadas tais como índices de vegetação, índice de área foliar, biomassa da parte aérea e a fração de radiação interceptada pelo dossel das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Vant, Processamento de imagem aérea digital, Fração coberta do solo por planta.

ABSTRACT

The use of direct methods for assessment of crop growth and development are generally laborious, destructive, require the transportation of samples to the laboratory for further processing and often encounter limitations on the number of samples that need to be simultaneously, analyzed. Therefore, there are great interest in the development and testing of non-destructive techniques for remote evaluation of plant canopy structure, estimating agronomic parameters, monitoring of growth and development, nutrient status and the incidence of diseases. The evolution and popularization of unnamed aerial vehicle (UAV) and seems to offer potential for the development of appropriated tools for monitoring crop growth and development. This study used the color space Lab classifier to separate the classes belonging to soil and plant regions and the k-means clustering method for digital image reconstruction and to estimate the green cover vegetation fraction. The aerial RGB digital images, were obtained by conventional digital camera attached to a drone, in an experiment with sugar cane planted in different row spacing and plant densities. The method was able to detect the changes in the total number of stem portion and in the green canopy cover fraction. Further studies focused on the relationship with other plant growth parameters and plant and soil radiative properties are necessary in order to transform this method in a useful tool for monitoring crop growth and development.

KEYWORDS: Drone, Aerial image processing, Plant soil cover.

INTRODUÇÃO

A experimentação agrícola conduzida em campo requer um alto grau de investimento em mão de obra e equipamentos para sua implantação, manutenção e avaliações. No que concerne às avaliações do crescimento e desenvolvimento da cultura, métodos diretos são em geral destrutivos e requerem o transporte de amostras para o laboratório para posterior processamento. Além disso há, frequentemente, limitações do número de amostras que podem ser analisadas simultaneamente. Dessa forma é de grande interesse o desenvolvimento e teste de técnicas remotas não destrutivas para avaliação da estrutura do dossel das plantas, estimativa de parâmetros agrônômicos, monitoramento do crescimento e desenvolvimento, do estado nutricional e da incidência de doenças.

Diversos métodos indiretos alternativos se baseiam na aquisição e análise de imagens obtidas em câmeras digitais convencionais e tem sido utilizados para estimar a produtividade

(CASADÉSUS et al. 2007), o grau de senescência foliar (ADAMSEM et al., 1999), o estágio fenológico da cultura (IDE; OGUMA, 2010; SAKAMOTO et al., 2012), e na detecção de plantas daninhas (PEREZ et al., 2000). Estas técnicas também têm sido largamente utilizadas na estimativa da área foliar, fração de cobertura vegetal e interceptação de radiação (BAKER; OLSZYK; TINGEY, 1996; LUKINA; STONE; RAUN, 1999; CAMPILLO et al., 2008; LATI; FILIN; EIZENBERG, 2011;).

O acoplamento de câmera digital aos chamados Veículos Aéreos não Tripulados (Vants) permite aumentar a capacidade de avaliação no tempo e espaço da área experimental, além de auxiliar no manejo da cultura e tomada de decisão (HERWITZ et al., 2004; ZHANG; KOVACS, 2012). Sistemas de aquisição e análise de imagens na agricultura usando Vants já foram descritos (BALLESTEROS et al., 2014) e utilizados, por exemplo, na estimativa do índice de área foliar em culturas agrônomicas (CÓRCOLES et al., 2013).

A intensificação da mecanização das práticas de cultivo da cana-de-açúcar, tem aumentado a compactação do solo e reduzido a produtividade da cultura. Novos equipamentos de colheita já existentes no mercado e outros em desenvolvimento permitirão a colheita de duas ou mais linhas simultâneas de cana, reduzindo o tráfego e a compactação do solo, permitindo ainda o plantio da cultura em espaçamentos adensados. A tecnologia do plantio utilizando mudas pré-brotadas permite que diferentes densidades de plantio sejam utilizadas na linha e também em novos arranjos espaciais com variações na densidade de plantio e espaçamento entre linhas. Essas práticas, embora já em uso pelos agricultores, ainda necessitam de serem avaliados experimentalmente, principalmente no que tange ao tempo no qual a cobertura total do solo pelo dossel vegetativo é atingida. Ao atingir a cobertura máxima do solo, desde que não haja restrições hídricas, térmicas ou por estresses bióticos, o uso eficiente da radiação solar e a taxas de fotossíntese tendem a valores máximos em função do índice de área foliar e do estágio fenológico.

Dessa forma, esse trabalho tem por objetivo avaliar a utilização de imagens obtidas por câmara digital convencional acoplada ao Vant para a estimativa da fração de cobertura vegetal em um experimento com cana de açúcar em diferentes espaçamentos de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS

Em Latossolo Vermelho Distrófico psamítico, a variedade CTC 11 foi plantada utilizando-se mudas pré-brotadas e toletes. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas em 6 repetições. A cana-de-açúcar foi plantada em linha dupla, espaçadas entre

si por 0,90 m e entre linhas duplas por 1,50 m. O tratamento foi dividido em 6 sub-parcelas. Duas sub-parcelas foram plantadas com toletes, utilizando-se 10 e 20 gemas por metro. Quatro sub-parcelas foram plantadas com mudas pré-brotadas espaçadas entre si por 40, 55, 70 e 85 cm. Na Figura 1 é mostrada uma imagem obtida pela câmera Go-Pro em 24/04/2014, ocasião do plantio da área experimental.

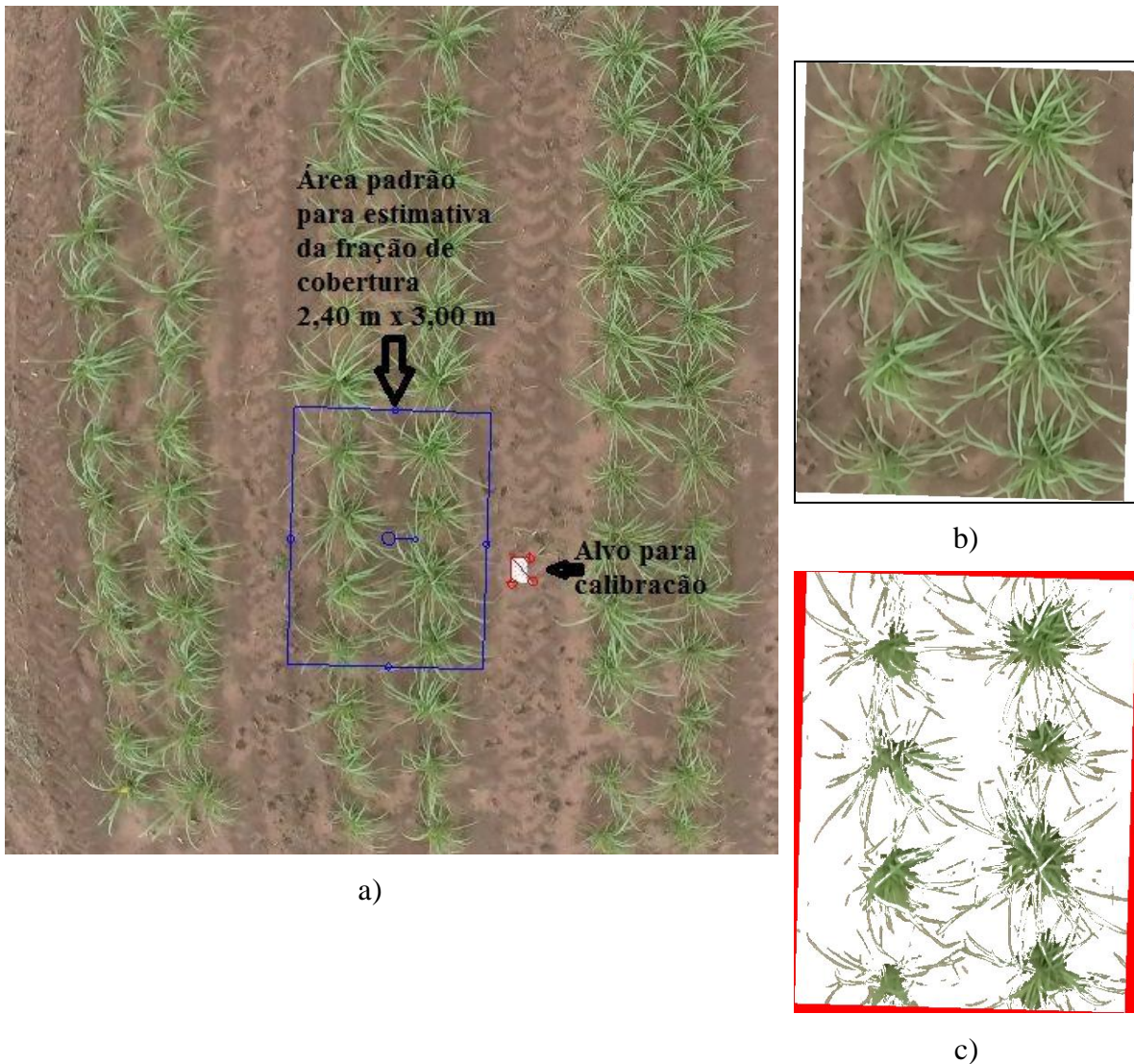
Figura 1 – Imagem da área experimental por ocasião do plantio em 21/04/2014



A avaliação da cobertura do solo foi realizada utilizando imagens digitais da área experimental obtidas em 21/07/2014 com uma câmera Go-Pro com resolução de 1920x1080 pixels acoplada num veículo aéreo não tripulado – Vant (Drone).

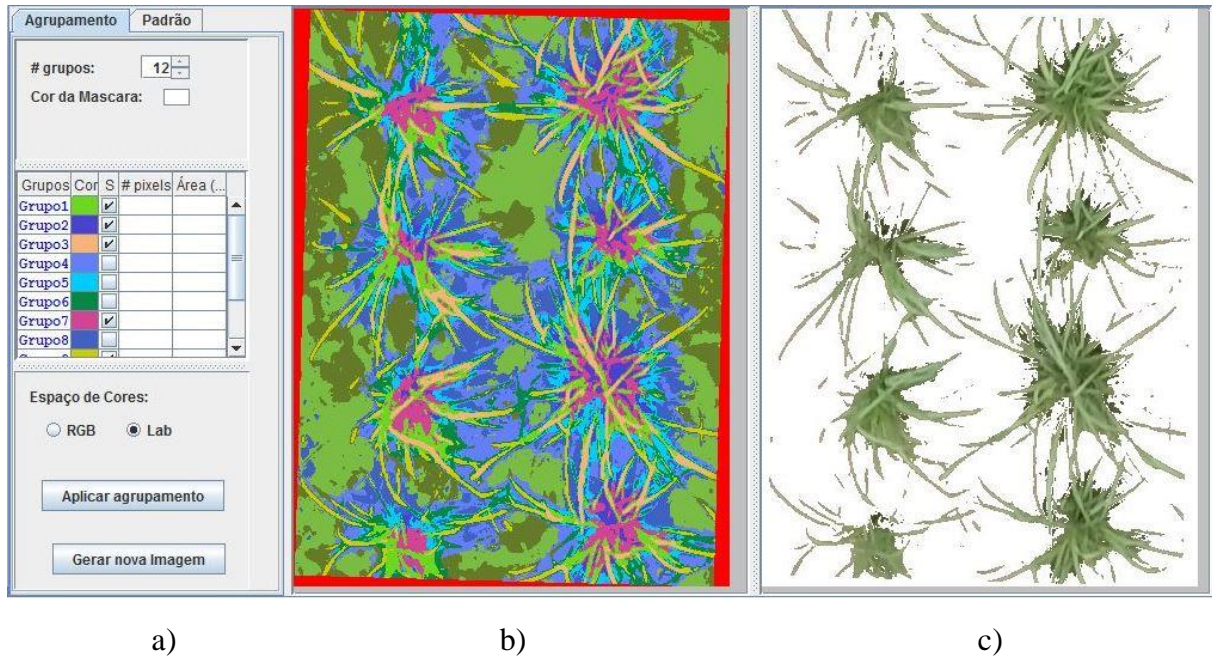
Para calcular a resolução da espacial no solo alvos, com dimensões de 29.8 cm de comprimento por 21.2 cm de largura, foram colocados nas entrelinhas no centro de cada parcela (Figura 2a). A resolução espacial para cada imagem foi calculada utilizando a razão entre a dimensão conhecida do alvo e a dimensão em pixel desse mesmo alvo extraída da imagem digital nas direções horizontal e vertical. Após o cálculo da resolução espacial, foi possível extrair a área padrão (Figura 2b), com dimensões de 2.4 m x 3.0 m. A separação da região de solo da região de planta, foi obtido com uma classificação supervisionada baseada na técnica de cluster (Figura 2c), a região de coloração branca representa a região de solo, a região de coloração verde representa a área de cobertura da vegetação e a região em vermelho representa uma área fora da região de cálculo.

Figura 2 – a) Imagem da área experimental adquirida com o Vant, b) área padrão, c) área padrão processada.



O classificador foi mais eficiente para separar as classes pertencentes às regiões do solo e da planta utilizando espaço de cor CIELab, definida pela Comissão Internacional em Iluminação (Commission Internationale d'Eclairage, daí o CIE da sigla). O sistema CIELab é constituído pelo canal L (que varia de 0-preto a 100-branco), que guarda as informações de luminosidade, o canal a no qual os valores positivos indicam magenta e negativos verde e o canal b no qual os valores positivos indicam azul e negativos amarelo. Na primeira etapa o classificador foi treinado utilizando o método de cluster k-means, (MacQueen, 1967). Com 12 classes foi possível separar as três regiões, solo (branca), planta (cor verde) e área fora da imagem, neutra (cor vermelha), conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3. Etapas de classificação supervisionada.



Seis classes de solo e cinco classes de plantas foram obtidas no processo de treinamento do algoritmo, o centro do cluster de cada classe e mostrada na tabela 1.

Tabela 1 Centros das classes obtida com o método de cluster k-means

Alvo	L	a	b
Solo1	53.55	-6.49	24.44
Solo2	44.32	5.25	19.33
Solo3	56.12	7.37	19.23
Solo4	42.89	-2.23	23.68
Solo5	49.56	7.59	18.01
Solo6	51.12	1.49	21.30
Planta1	43.42	-12.12	28.40
Planta2	53.87	-15.19	30.27
Planta3	63.24	-14.29	27.95
Planta4	70.57	-10.08	23.92
Planta5	62.54	-2.37	21.22

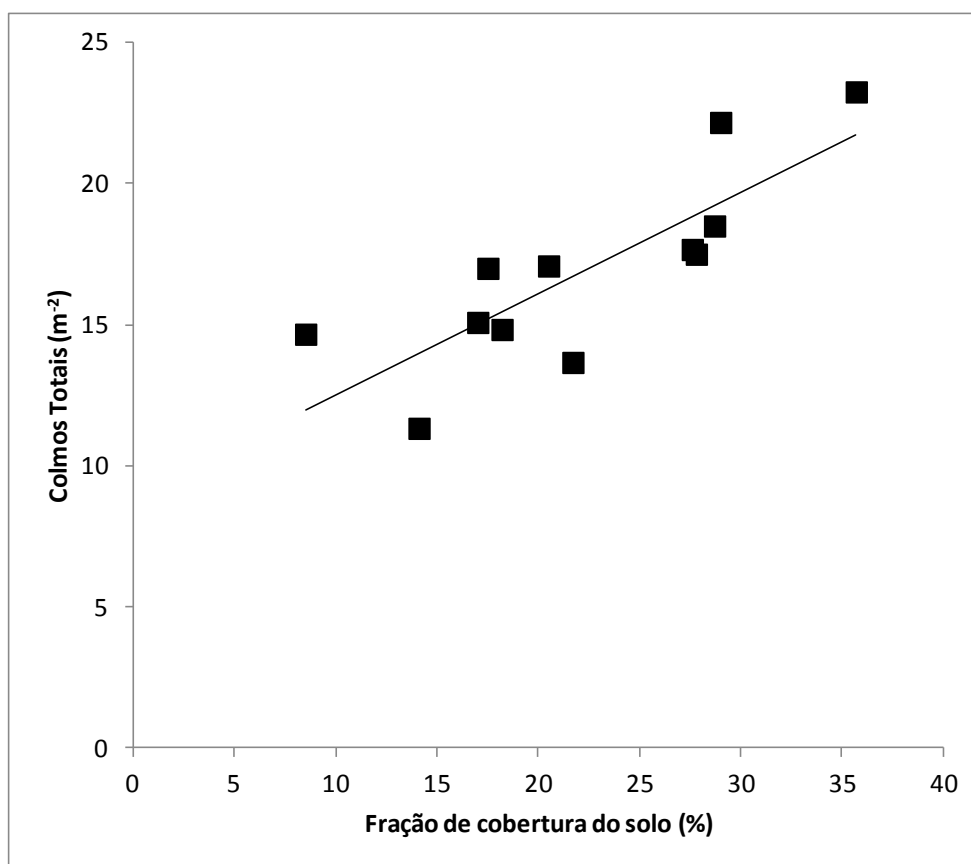
Utilizado os centros dos clusters para as classes de solo e planta, os pixels das imagens foram classificados como pertencentes à classe solo ou a classe planta utilizando a método da menor distancia euclidiana do pixel para o centro dos clusters.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os diferentes espaçamentos avaliados variaram no plantio de uma densidade potencial de aproximadamente 01 planta por m^2 (0,85 m entre mudas) até 17 plantas por m^2 (20 gemas por m linear). Na época de aquisição das imagens, 90 dias após o plantio, foi realizada uma contagem manual do número de colmos totais (planta e perfilho) em cada densidade, tendo este variado de 11,3 a 23,2 colmos totais por m^2 .

A fração de cobertura do solo estimada pelo método descrito variou de 8,5 a 35,7 % nos diferentes espaçamentos e na Figura 4 é mostrada a relação entre a fração de cobertura do solo obtida pela análise das imagens o número total de colmos obtido por contagem manual.

Figura 4. Relação entre a fração de cobertura do solo e o número de colmos



Observa-se na Figura 4 que o método utilizado para análise das imagens obtidas pelo Vant, conseguiu detectar a variação no número de colmos totais da parcela, o principal componente relacionado à cobertura do solo. Verifica-se também que essa relação pode ser aprimorada, tanto pela técnica da análise da imagem quanto por uma maior cobertura espacial da parcela. No presente caso foi utilizada a fração coberta do solo pela parte aérea da cultura

como sendo um “proxy” para analisar as condições do canavial. A técnica de cluster utilizando-se o espaço de cor Lab (MACQUEEN 1967) mostrou ser um bom discriminador para este propósito. Entretanto, essa metodologia de cálculo da fração de cobertura vegetal deve ser aprimorada e validada através de comparação com outras medidas alternativas relacionadas como os índices de vegetação (e.g. NDVI), índice de área foliar, biomassa da parte aérea e a fração de radiação interceptada pelo dossel das plantas. A pesquisa continua em andamento para obtenção e correlação de imagens RGB obtidas manualmente por câmeras digitais e pela utilização de câmeras acopladas em Vant. Medidas da fração da radiação interceptada pelo dossel estão sendo realizadas por sensores e manualmente e de índices de vegetação utilizando sensor ótico ativo para os diferentes estágios de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. Acredita-se que a partir de novas análises os instrumentos obtidos poderão ter finalidades práticas aplicadas ao monitoramento do crescimento e desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

O método da técnica de cluster utilizando-se o espaço de cor Lab mostrou ser um bom discriminador para para análise das imagens obtidas pelo Vant. As correlações obtidas, utilizando este procedimento com medidas e contagens manuais, conseguiu detectar a variação no número de colmos totais e falhas nas linhas de plantio das parcelas. Entretanto, o método ainda necessita de estudos para aprimorar e validar suas relações com outras medidas, tais como: índices de vegetação por sensores óticos, índice de área foliar, fração da radiação interpretada pelo dossel e características texturais e espectrais da radiação emitida pelas plantas e pelo solo. Acredita-se que a partir desses estudos complementares uma ferramenta muito útil no monitoramento de parâmetros do crescimento e do desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar poderá ser obtida.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Líder do Projeto SEG 02.12.01.024.00.02 da Embrapa, à PHD CANA S/A. e à BASF S/A., pelo apoio financeiro e material fornecido.

REFERÊNCIAS

ADAMSEN, F. J. et al. Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop Science*. v. 39, n. 3, p. 719–724, 1999.

BAKER, B., OLSZYK, D. M., TINGEY, D. Digital image analysis to estimate

leaf area. *Journal of Plant Physiology*. v. 148, n. 5, p. 530–535, 1996.

BALLESTEROS, R. et al. Applications of georeferenced high-resolution images obtained with unmanned aerial vehicles. Part I: Description of image acquisition and processing. *Precision Agriculture*. v. 15, n. 6, p. 579-592, 2014.

CAMPILLO, C. et al. Using digital images to characterize canopy coverage and light interception in a processing tomato crop. *Hortscience*. v. 43, n. 6, p.1780-1786, 2008.

CASADESÚS, J. et al. Using vegetation indices derived from conventional digital cameras as selection criteria for wheat breeding in water-limited environments. *The Annals of Applied Biology*. v. 150, n. 2, p. 227–236, 2007.

CÓRCOLES, J. I. et al. Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle. *Biosystem Engineering*. v. 115, n. 1, p. 31-42, 2013.

HERWITZ, S. R. 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.

IDE, R., OGUMA, H. Use of digital cameras for phenological observations. *Ecological Informatics*. v. 5, n. 5, p. 339–347, 2010

LATI, R. N.; FILIN, S., EIZENBERG, H. Robust methods for measurement of leaf cover area and biomass from image data. *Weed Science*. v. 59, n. 2, p. 276-284, 2011

LUKINA, E. V., STONE, M. L., RAUN, W.R. Estimating vegetation coverage in wheat using digital images. *Journal of Plant Nutrition*. v. 22, n. 1, pp. 341–350, 1999.

MACQUEEN, J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Volume I, Statistics. Edited by Lucien M. Le Cam and Jerzy Neyman. University of California Press 1967.

PEREZ, A. J. et al. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture*. v. 25, n. 3, p. 197–212, 2000.

SAKAMOTO, T. et al. An alternative method using digital cameras for continuous monitoring of crop status. *Agricultural and Forest Meteorology*. v. 154-155, p. 113-126, 2012.

ZHANG, C., KOVACS, J. M. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*. V. 13, n. 6, p. 693–712, 2012.