

AVALIAÇÃO DE IMAGENS AÉREAS OBTIDAS POR CÂMERA DIGITAL PARA DIFERENCIAÇÃO DE DOSES DE N NA CANA-DE-AÇÚCAR.

**MAURÍCIO MARTELLO ¹, PETERSON RICARDO FIORIO ², TIAGO RODRIGUES
TAVARES ³, PEDRO PAULO DA SILVA BARROS ⁴, GUSTAVO VIDOTTI CALDAS
MORONE ⁵**

¹ Engenheiro Ambiental, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP Fone: (05519) 34478533, mauriciomartello@gmail.com

² Eng. Agrônomo, Prof. Dr. do Departamento de Engenharia de Biosistemas, ESALQ/USP, Piracicaba – SP

³ Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP

⁴ Eng. Agrônomo, Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-USP, Piracicaba-SP

⁵ Graduando em Agronomia, ESALQ-USP, Piracicaba-SP

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: É crescente a busca por geotecnologias no monitoramento e avaliação da cana-de-açúcar. O presente trabalho teve como objetivo verificar a eficiência de uma câmera digital com sensibilidade na faixa do infravermelho próximo, na cultura da cana-de-açúcar, em identificar a resposta da cultura a diferentes doses de nitrogênio (N). Para tanto, um experimento em blocos ao acaso foi instalado em uma área experimental em Piracicaba-SP, com diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90) com repetições, totalizando 28 blocos. Aos 120 dias após o corte (DAC) realizou-se a coleta das imagens com a utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT). Das imagens foram obtidos os valores médios do número digital de cada bloco em estudo. A classificação apresentou um valor de exatidão global de 71%, com uma confusão entre as classes com doses 60 e 90. Quando classificada em 3 classes (0, 30 e >30) obteve-se uma exatidão global de 89%, demonstrando a alta eficiência da câmera na identificação de blocos com baixa e alta dose de N. Conclui-se que o sensor foi capaz de diferenciar as doses de N aplicadas, classificando cada bloco de acordo com a média do número digital.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Geotecnologias, VANT

EVALUATION OF AERIAL IMAGERY OBTAINED BY DIGITAL CAMERA TO DIFFERENTIATE N LEVELS IN SUGARCANE CROP.

ABSTRACT: There is a growing search for geotechnologies and evaluation of sugarcane. This study aimed to verify the efficiency of a digital camera with sensitivity in the near infrared range, for sugarcane crop, in identifying the crop response to different doses of nitrogen (N). An experiment in a randomized block design was installed in an experimental area in Piracicaba-São Paulo State, with different doses of nitrogen (0, 30, 60, 90 kg ha⁻¹) and repetitions, totaling 28 blocks. At 120 days after harvest (DAH) was collected images using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). From the images were obtained average values of the digital number of each block in the study. The classification presented an overall accuracy value of 71%, with a confusion between classes at doses 60 and 90. When classified into 3 classes (0, 30 and > 30), it was obtained an overall accuracy of 89%, demonstrating the high-sensitivity of the camera in identifying blocks of low and high dose of N. It can be concluded that the sensor is able to differentiate the N application, classifying each block according to the average digital number.

KEYWORDS: Remote sensing, Geotechnologies, UAV

INTRODUÇÃO: Por se tratar de uma commodity agrícola o cultivo e o processamento industrial da cana-de-açúcar devem ser extremamente eficientes para serem viáveis. Tal fato gera alta demanda por

novas tecnologias que visem aumento de seu rendimento nesta cultura. O sensoriamento remoto e geoprocessamento estão entre essas novas tecnologias. Segundo Molin et al., (2010) a utilização de tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto para conhecimento da heterogeneidade espacial, associadas a técnicas de agricultura de precisão, podem refletir consideravelmente no processo produtivo, com potencial retorno econômico. Para aplicação do sensoriamento Remoto pode-se recorrer aos sistemas orbitais ou aerolevantamentos convencionais como fonte de aquisição de imagens. Uma crescente alternativa tem sido o uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) utilizando-se de câmaras digitais profissionais de pequeno e médio formato. Estas câmaras são vantajosas por serem, leves, de fácil manejo e custo reduzido, porém as mesmas não utilizam a banda do infravermelho próximo (IVP). Uma alternativa é adaptar câmaras digitais convencionais, eliminando o filtro interno bloqueador do infravermelho e introduzindo, externamente, um filtro bloqueador do visível (ROIG et al., 2013). A grande vantagem de se utilizar uma câmera modificada é a possibilidade de serem acopladas em VANT e obter imagens a qualquer momento, obtendo alta resolução espacial e temporal (HUNT et al., 2010).

Dessa forma, o objetivo do trabalho é avaliar a aplicabilidade de dados coletados por uma câmera digital convencional modificada, na diferenciação de doses de nitrogênio em cana de açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi realizado em uma área experimental da Agência Paulista de Tecnologias dos Agronegócios - APTA, no município de Piracicaba-SP. O experimento foi instalado em blocos casualizados, com diferentes doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90 kg ha⁻¹) com quatro repetições para dose zero e oito repetições para cada uma das demais doses, totalizando 28 blocos. Todos da mesma variedade de cana-de-açúcar.

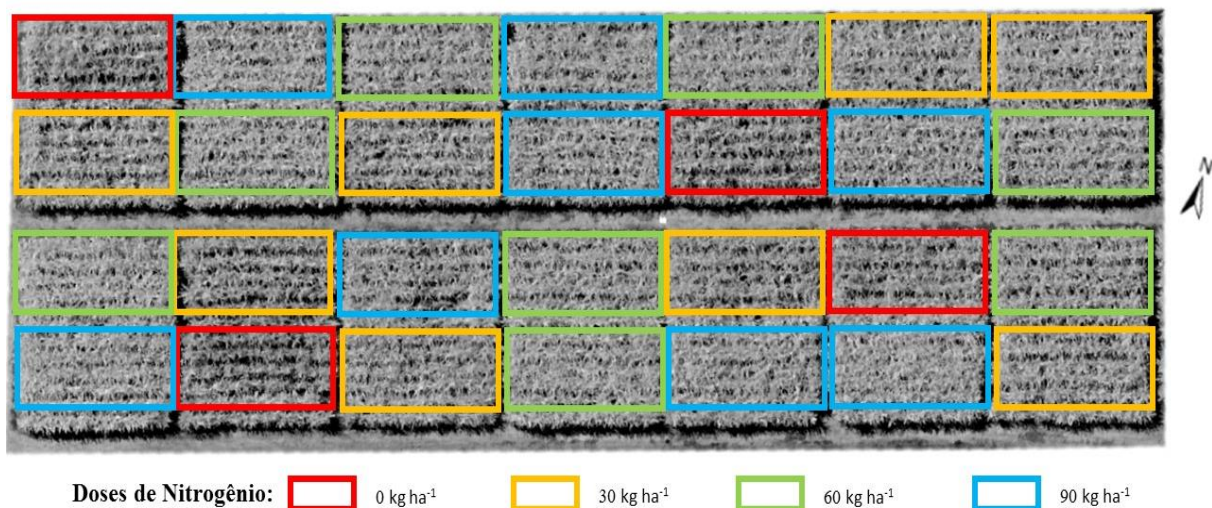


FIGURA 1. Delineamento da área de estudo e imagem utilizada para classificação.

A câmera utilizada foi a Mobius Action Cam, nesta foi substituído o seu filtro interno de bloqueio infravermelho por um filtro que bloqueia a faixa do visível (500 - 700 nm) liberando assim a obtenção de dados na faixa do infravermelho próximo (700-1000nm). A mesma foi acoplada a um VANT, com seis motores elétricos, equipado com sistema de navegação por GNSS e com peso aproximado de 1,5kg. Todo o voo foi planejado com o auxílio do *software* Mission Planner 1.3.10. O recobrimento longitudinal e lateral das imagens foi definido em 90% e 80% respectivamente, possibilitando obter uma imagem ortorretificada ao final do processamento das imagens. O voo foi executado 120 dias após o corte, no mês de fevereiro de 2015, pontualmente ao 12:00h, sem presença de nuvem e aproveitando a alta incidência da energia eletromagnética sobre o alvo, sendo estabelecido o limite de 40 metros do nível do solo. Foram coletadas 193 imagens as quais foram processadas com o auxílio do *software* Agisoft PhotoScan Professional, responsável pela geração do mosaico e georreferenciamento, a partir de cinco pontos de controle pré-estabelecidos em campo com GNSS (L1,C/A). O processamento e classificação da imagem foi realizado no *software* ArcGIS 9.3. Com o mosaico ortorretificado foi definida resolução espacial de 10 cm por pixel e delimitada área de amostragem de

4,5 metros de largura por 12 metros de comprimento, evitando assim o efeito de borda. Foi extraído o valor de número digital (ND) referente a faixa do infravermelho (770 a 1000nm) de todos os pixels, da área de amostragem. Foi obtido um valor médio de ND para cada bloco. Os 28 blocos foram classificados de duas formas, para a primeira classificação foram definidos 4 intervalos de ND, sendo 163,85 a 174, 174,01 a 180, 180,01 a 183,5 e 183,51 a 185,78, para as doses 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ respectivamente. Já na segunda classificação foi definido 3 intervalos, 163,85 a 174; 174,01 a 180; e 180,01 a 185,78 para as doses 0, 30 e 60 a 90 kg ha⁻¹, respectivamente.

Utilizou-se o índice Kappa, a exatidão global, a exatidão do usuário e a exatidão do produtor para verificar o grau de correspondência entre o mapa com as doses reais e ambos os mapas criados pelas classificações dos ND. Desta forma, o mapa utilizado como referência foi o com as doses reais aplicadas sobre cada parcela.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O índice Kappa é a medida de concordância usada em escalas nominais que nos fornece uma ideia em quanto as observações se afastam daquelas esperadas, indicando assim a legitimidade da classificação. Por outro lado, o índice de exatidão global é utilizado na estimativa da acurácia do método de classificação.

Os resultados da primeira classificação estão representado á esquerda da Tabela 1. Nesta classificação foram obtidos os seguintes resultados: índice Kappa de 0,614 e exatidão global de de 0,71. Segundo Câmara et al. (1996), este índice Kappa obtido é considerado forte. No entanto, ao analisar a exatidão global, verifica-se que este não está dentro do patamar estabelecido por Congalton e Green (2008), que estabelecem como aceitável 85%.

Para uma análise ainda mais detalhada foi calculada a exatidão do produtor e do usuário. Esta verifica quantas parcelas de uma dose de nitrogênio, foram classificadas de maneira correta, ocupando a mesma área em relação ao que foi encontrado pela referência. O valor mais baixo de exatidão do produtor foi para a dose 90 (37,5%), indicando que há uma diferença acentuada entre os dois mapas nesta dose. Foi observado que este baixo valor da exatidão do usuário e do índice de exatidão global se deve a confusão da classificação da dose 90 kg ha⁻¹ com a de 60 kg ha⁻¹. Ou seja, dos 8 blocos com dose 90 kg ha⁻¹, 4 foram classificados como dose 60kg ha⁻¹.

Acredita-se que esta confusão para classificar as doses mais altas de N pode estar relacionada com o ponto de saturação da cultura da cana-de-açúcar. Segundo Ponzoni et al. (2012) uma cultura chega a seu ponto de saturação de energia quando esta deixa de aumentar sua reflectância em função do seu ganho de vigor. Desta maneira, acredita-se que as plantas com maiores adubações tenham alcançado seu ponto de saturação no momento da coleta de dados.

TABELA 1. Resultado da primeira classificação (esquerda) e a segunda classificação (direita).

| Classificação | Classe | Referência | | | | Total Blocos Classificados |
|---------------------|--------|------------|-------|--------------|------|----------------------------|
| | | 0 | 30 | 60 | 90 | |
| Classificação | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 5 |
| | 30 | 0 | 6 | 0 | 1 | 7 |
| | 60 | 0 | 1 | 7 | 4 | 12 |
| | 90 | 0 | 0 | 1 | 3 | 4 |
| | Total | 4 | 8 | 8 | 8 | 28 |
| Exatidão Produtor | | 100 | 75 | 87.5 | 37.5 | |
| Exatidão do Usuário | | 80 | 85.71 | 58.33 | 75 | |
| Exatidão Global | | 0.714 | | Índice Kappa | | 0.614 |

| Classificação | Classe | Referência | | | Total Blocos Classificados | |
|---------------------|-------------------|------------|--------|--------------|----------------------------|-------|
| | | 0 | 30 | 60-90 | | |
| Classificação | 0 | 4 | 1 | 0 | 5 | |
| | 30 | 0 | 6 | 1 | 7 | |
| | 60-90 | 0 | 1 | 15 | 16 | |
| | Total | 4 | 8 | 16 | 28 | |
| | Exatidão Produtor | | 100.00 | 75.00 | 93.75 | |
| Exatidão do Usuário | | 80.00 | 85.71 | 93.75 | | |
| Exatidão Global | | 0.892 | | Índice Kappa | | 0.814 |

Assim foi feita uma segunda classificação onde foi agrupado em 3 classes de ND (Tabela 2). Os resultados apresentados foram altamente satisfatórios, o teste Kappa teve um valor de 0,814, sendo considerado excelente e a exatidão global foi 0,892 ou 89% que segundo Congalton e Green (2008) está dentro do patamar estabelecido que é acima de 85%. Na Figura 2 são apresentados o mapa de referências com as doses de N reais; e os mapas obtidos após a primeira e a segunda classificação.

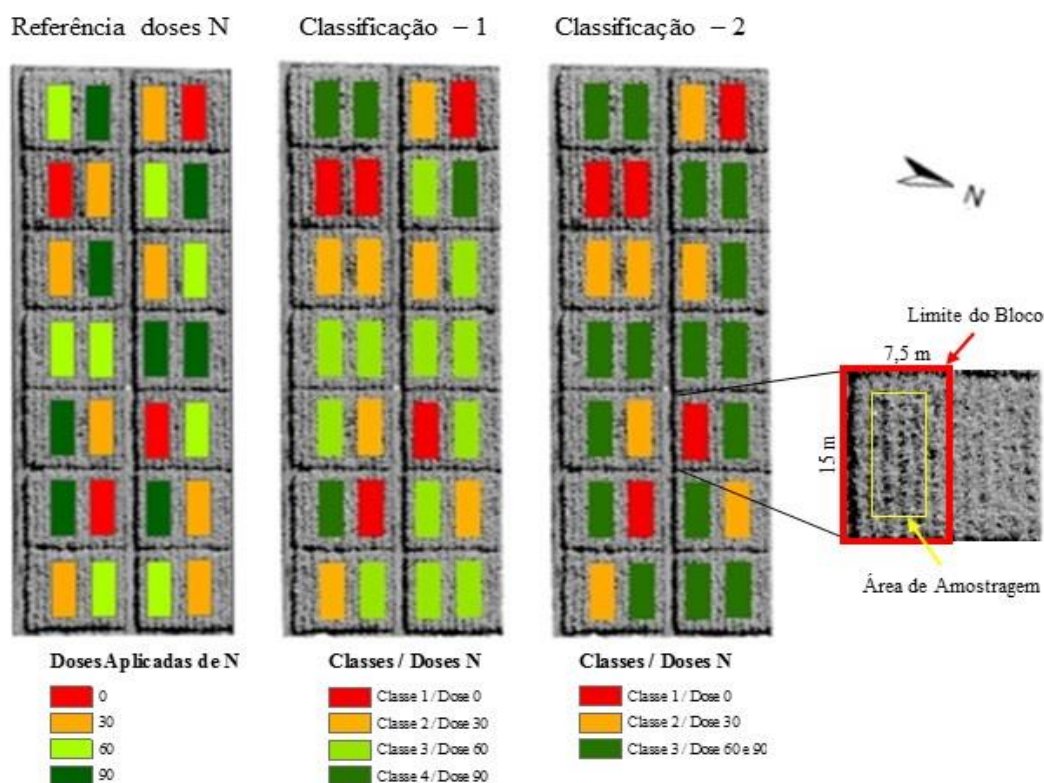


FIGURA 2. Referência das doses aplicadas de N por parcela e os resultados das classificações.

CONCLUSÕES: Foi possível observar a eficiência da câmera em diferenciar a resposta da vegetação submetida a diferentes doses de nitrogênio, principalmente entre baixa e altas doses, por se tratar de um trabalho preliminar vale ressaltar que os valores obtidos sofrem influência direta do ambiente e do dossel da planta, sendo necessário realizar repetições tanto em dias como em áreas diferentes.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem à FAPESP pelo financiamento do projeto temático 2013/22435, ao Pesquisador Heitor Cantarella e APTA-Piracicaba, pela disponibilização da área de estudo e ao grupo TopoGeo/Esalq-USP pelo auxílio operacional deste experimento.

REFERÊNCIAS

- CÂMARA, G., SOUZA, R. C. M., FREITAS, U. M., GARRIDO, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, New York, v. 20, n. 3, p. 395-403, May/June 1996.
- CONGALTON, R.G. GREEN, K. **Assessing the accuracy of remote sensing data: principles and practice**. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press; Francis and Taylor Group, 2008.
- MOLIN, J. P., FRASSON, F. R., AMARAL, L. R., POVH, F. P., SALVI, J. V. Capacidade de um sensor ótico em quantificar a resposta da cana-de-açúcar a doses de nitrogênio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.12, p.1345-1349, 2010.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2ª edição. São Paulo, 2012.
- 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**, 16. (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu.
- HUNT, E.R.; HIVELEY, W.D.; FUJIKAWA, S.; LINDEN, D.; DAUGHTRY, C.S.; MCCARTY, G. Acquisition of NIR-Green-Blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sens*. 2010, 2, 290–305.