

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA DETECÇÃO DE FALHAS DE PLANTIO EM UM CANAVIAL

Ana Paula Barbosa¹, Maurício Martello², Peterson Ricardo Fiorio³, Tiago Rodrigues Tavares²

1 Pós-doutoranda, Universidade de São Paulo - USP/ESALQ, +55 (19) 3447-8537, anap.barbosa@usp.br

2 Aluno de mestrado, Universidade de São Paulo - USP/ESALQ, +55 (19) 3447-8537, {mauriciomartello, tiagosrt}@usp.br

3 Professor, Universidade de São Paulo - USP/ESALQ, +55 (19) 3447-8531, fiorio@usp.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro – SP, Brasil

RESUMO: É conhecido que o canavial apresenta por natureza falhas de distribuição nas linhas de plantio. É importante que se faça a aplicação de métodos simples e eficazes que permitam quantificar de maneira precisa estas falhas, de modo a alcançar uma produção satisfatória da cultura. O desenvolvimento dos Veículos Aéreos Não Tripulados - VANT torna a coleta de dados em campo mais dinâmica, devido ao aumento na frequência de aquisição de imagens. A qualidade do plantio de cana-de-açúcar foi avaliada em função da aplicabilidade de imagens de VANT, com a finalidade de identificar e quantificar as falhas em área de plantio. Ao aplicar a razão entre bandas (vermelho e infravermelho próximo) das imagens num talhão com área de 0,89 ha, em 3 diferentes variedades, foi identificado 26,16% de falha no talhão. O mapeamento obtido mostrou que as imagens do VANT apresentaram resultado satisfatório, sendo assim uma metodologia promissora, pois apresenta resultados rápidos e precisos e que também pode ser utilizada como subsídio para um rápido diagnóstico da produção agrícola.

PALAVRAS-CHAVE: sensoriamento remoto, cana-de-açúcar, agricultura de precisão

UNMANNED AERIAL VEHICLE IMAGERY APPLIED TO DETECTION OF FAILURES IN SUGARCANE CROP

ABSTRACT: It is known that the sugarcane crop has failures in the rows. Simple and effective methods must be applied to quantify accurately these defects in order to achieve a satisfactory crop yield. Unmanned Aerial Vehicles (UAV) has changed the way the data has been collected in the field, due to increasing the periodicity of image acquisition. The UAV, associated with application of remote sensing of vegetation, enables the diagnosis of agricultural production through mapping the critical properties of a crop. In this study, it was evaluated the quality of sugarcane planting, due to the applicability of UAV imagery, in order to identify and quantify the failures in planting area. By applying the bands ratio (red and near infrared) on a plot with an area of 0.89 ha, in 3 different varieties, it was identified 26.16% failure in the field. The methodology has shown that the UAV images have quick and accurate results and it can also be used as a tool for rapid diagnosis of agricultural production.

KEYWORDS: remote sensing, sugarcane, precision agriculture.

INTRODUÇÃO:

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar, onde se pode também destacar a participação da Índia e China (FNP, 2008). Os maiores estados produtores de cana no país são: São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Paraná, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Bahia, Roraima e Paraíba. Na média, 55% da produção de cana brasileira é transformada em álcool e 45% em açúcar.

É conhecido que o canavial apresenta por natureza falhas de distribuição nas linhas de plantio e que a qualidade do plantio atua diretamente na quantidade de plantas emergida na linha, e, conseqüentemente, isso influencia na produtividade de cana-de-açúcar.

Stolf (1986) definiu falha como a projeção da distância entre duas canas consecutivas ao longo da linha, que é medida de centro a centro dos colmos ao nível do solo, cujo critério é simples, bastando contar e computar o somatório dos metros de falhas acima de 0,5 m, num determinado trecho de linha.

Assim sendo, é importante que métodos simples e eficazes sejam aplicados, de modo que permitam quantificar de maneira precisa estas falhas e, por isto, alcançar uma produção satisfatória da cultura.

O rápido avanço tecnológico das últimas décadas impulsionou também o desenvolvimento de diferentes sistemas de sensores remotos que são atualmente utilizados nas mais diversas áreas da ciência.

A aplicação do sensoriamento remoto na agricultura é baseada na interação da radiação eletromagnética com o alvo, podendo ser o solo ou a planta (MULLA, 2012), cuja interação serve de parâmetro para a tomada de decisões em tempo real.

Deste modo, com o desenvolvimento dos Veículos Aéreos Não Tripulados – VANT, a coleta de dados em campo torna-se mais dinâmica, devido ao aumento na frequência de aquisição de imagens. Isso, associado às técnicas do sensoriamento remoto no estudo da vegetação, possibilita a otimização do diagnóstico da produção agrícola, por meio de mapeamentos das propriedades críticas de uma cultura agrícola.

Antuniassi & Salvador (2002) relatam que a coleta de imagens para a identificação de manchas nas lavouras pode ser obtida de vários tipos de plataforma, tais como aeromodelos, balões e aeronaves de pequeno porte.

Medeiros et al. (2008) verificaram que o VANT mostrou imenso potencial para ser utilizado como ferramenta auxiliar na localização de áreas com falhas de germinação, de semeadura, com infestação de invasoras, mapeamento da área, entre outros.

O objetivo deste trabalho foi avaliar aplicabilidade de imagens de VANT em função da qualidade do plantio de cana-de-açúcar, com a finalidade de identificar e quantificar as falhas em áreas de plantio.

MATERIAL E MÉTODOS:

O experimento foi desenvolvido em uma área experimental de cana-de-açúcar na área da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), no Polo Centro-Oeste, localizada na cidade de Piracicaba-SP, entre as coordenadas geográficas 22°41'05" de latitude sul e 47°38'54" de longitude oeste (Figura 1), em parceria com a equipe de pesquisa do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), coordenada pelo Pesquisador Heitor Cantarella.

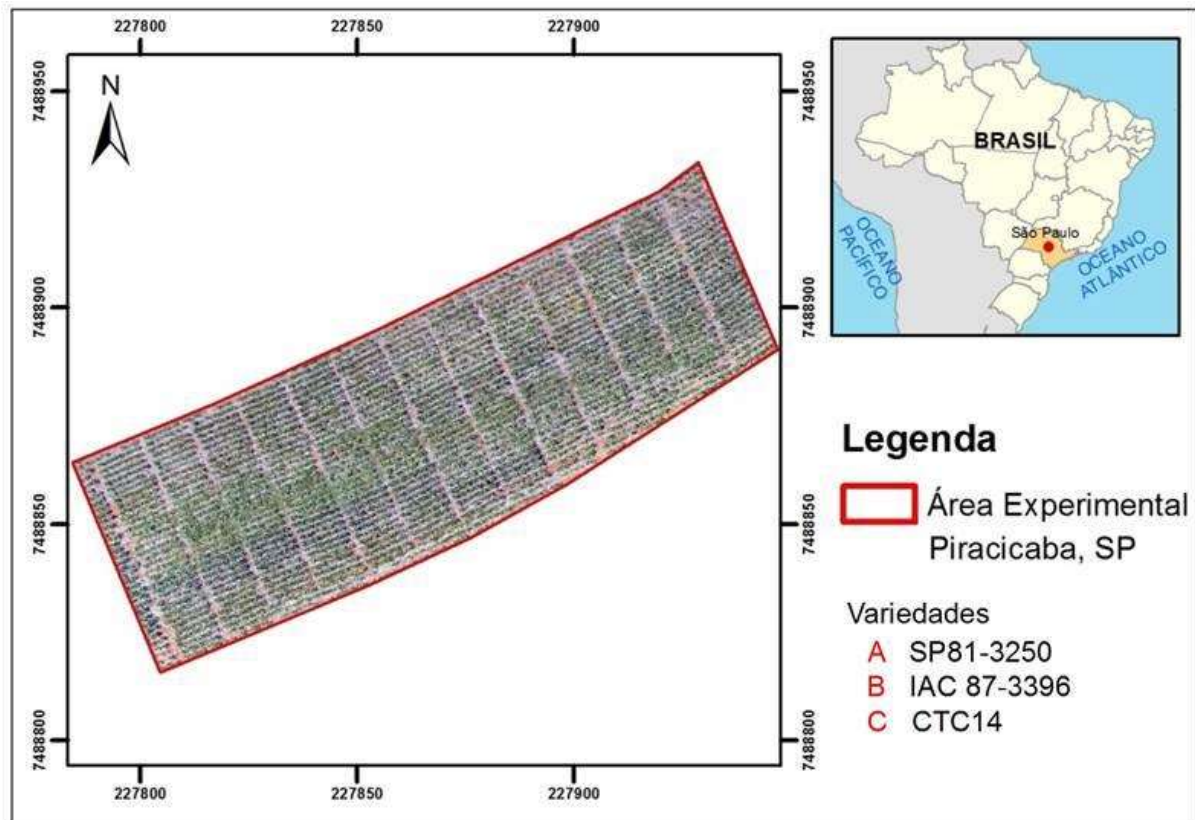


FIGURA 1. Localização da área experimental, Piracicaba-SP, representada no mosaico de imagens obtidas pelo VANT.

A área experimental encontra-se em seu quinto ciclo de cana soca e é caracterizada por apresentar-se dividida em 72 parcelas experimentais com diferentes variedades de cana e diferentes níveis de adubação. Tratamentos experimentais que são indiferentes a metodologia aplicada neste trabalho, visto que seu objetivo consiste em avaliar a aplicação de imagens aéreas para identificação e quantificação de falhas de cultivo. Desta forma, os corredores entre os blocos foram utilizados como controle para validação do método.

Para a coleta das imagens, foi utilizado um VANT multirrotor (Figura 2), equipado com 6 motores elétricos, um sistema de controle por rádio frequência, possibilitando controlar a aeronave durante seu voo. O multirrotor possui um sistema para o controle automático do voo, permitindo a realização de rotinas pré-programadas (plano de voo), e memória interna para armazenamento dos dados de altura, distância, coordenadas geográficas do percurso executado pelo VANT. O VANT conta com um sistema de posicionamento global (GPS) que possibilita a localização espacial do multirrotor e o fornecimento das coordenadas do voo, que são utilizadas para georreferenciar as imagens coletadas.



FIGURA 2. Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT utilizado para a realização das imagens aéreas.

O voo sobre o talhão para a coleta das imagens foi realizado no mês de janeiro de 2015, quando a cana se encontrava com 150 dias após o corte (DAC) da última safra. As imagens foram coletadas simultaneamente utilizando duas câmeras digitais não métricas, uma com resolução espectral na faixa do visível (RGB) e a outra modificada, com a substituição do filtro interno que bloqueia o infravermelho (IVP), por um filtro capaz de bloquear a entrada de energia na faixa do visível, permitindo a captura de imagens da faixa do IVP.

Toda a operação para a coleta das imagens foi definida antes de cada voo, através do *software* Mission Planner 1.3.10. Este *software* permite realizar a montagem do plano de voo com a determinação de fatores para o correto recobrimento da área de estudo: altura do voo; velocidade da aeronave; recobrimento entre as fotos; recobrimento lateral entre as fotos; e área a ser sobrevoada.

Para a execução do trabalho foi realizado um voo com altura de 40 metros, a velocidade da aeronave foi de 5 m/s, realizando um recobrimento longitudinal entre fotos de 80% e um recobrimento lateral de 70%, garantindo o recobrimento total da área de estudo.

Os sensores utilizados, quando combinados são sensíveis à radiação em quatro comprimentos de onda: azul, verde, vermelho e IVP, o que possibilita que seja calculada a razão entre bandas, resultando em uma imagem que facilita a visualização da vegetação.

Após coletadas as imagens aéreas, foi realizada a montagem do mosaico das fotos tomadas por ambas as câmeras. À partir das imagens aéreas mosaicadas, foram gerados dois mapas: o mapa 1 consistiu em uma composição colorida da área a partir das imagens da câmera não-modificada ; e o mapa 2 consistiu em uma razão entre bandas (RB), que foi gerado à partir das imagens tomadas com ambas as câmeras. A fórmula usada para gerar a RB está expressa pela equação 1. Apesar de realçar a vegetação esta razão não pode ser considerada como um índice de vegetação devido a falta de estudos que comprovem os verdadeiros comprimentos de onda coletados pela câmera modificada.

$$RB = \frac{(\text{imagem da câmera modificada} - \text{imagem da câmera não modificada})}{(\text{imagem da câmera modificada} + \text{imagem da câmera não modificada})} \quad (1)$$

Após gerados os mapas, ambos foram classificados. No primeiro foi realizada uma classificação não-supervisionada (*Cluster*), dividindo a área em três classes: vegetação, vegetação + palhada e solo exposto. No segundo foi realizada a classificação de acordo com o valores da RB, de modo que representassem de melhor maneira os alvos presentes na imagem (vegetação: 0,3 a 0,7; vegetação + palhada: 0,1 a 0,3; solo exposto: 0 a 0,1).

Foi utilizado o *software* ArcGIS 10.2.2 nos seguintes tratamentos dos dados: pós-processamento das imagens (mudança de projeção dos dados e datum); elaboração de feições vetoriais (linhas de plantio); cálculo da razão entre bandas (vermelho e IVP) das imagens; classificação pelo método *Cluster*; cálculos de proximidade de distância, estatística e álgebra de mapas para obtenção das falhas.

Seguindo o método proposto por Stolf (1986), que consiste em medir e contar falhas de plantio acima de 50 cm ao longo da linha, fez-se o cálculo do índice de falha de plantio, conforme equação 2.

$$F = (d/D) * 100 \quad (2)$$

em que:

F = ocorrência de falhas do talhão (%)

d = somatória dos comprimentos das falhas (metros)

D = somatória dos comprimentos das fileiras analisadas (metros)

Primeiramente, utilizando-se as linhas de plantio como base, foi gerado um vetor de pontos representativo das plantas, com uma distância de 0,5 m entre eles. Em seguida, foram extraídos polígonos de contorno destes pontos (buffer), cujo diâmetro é de 0,5m, representando a área de ocupação aproximada das plantas.

Com as imagens classificadas em 3 classes, utilizou-se a ferramenta *Zonal Statistic* do ArcGIS para extrair a classe majoritária presente na área interna de cada buffer, tal qual as áreas com ausência de vegetação fossem adequadamente representadas.

Por fim, fez-se o cruzamento dos vetores referentes à linha de plantio com os polígonos cujas classes majoritárias representavam as áreas com ausência de cana.

Na Figura 3 está esquematizada a sequência metodológica desenvolvida no trabalho.

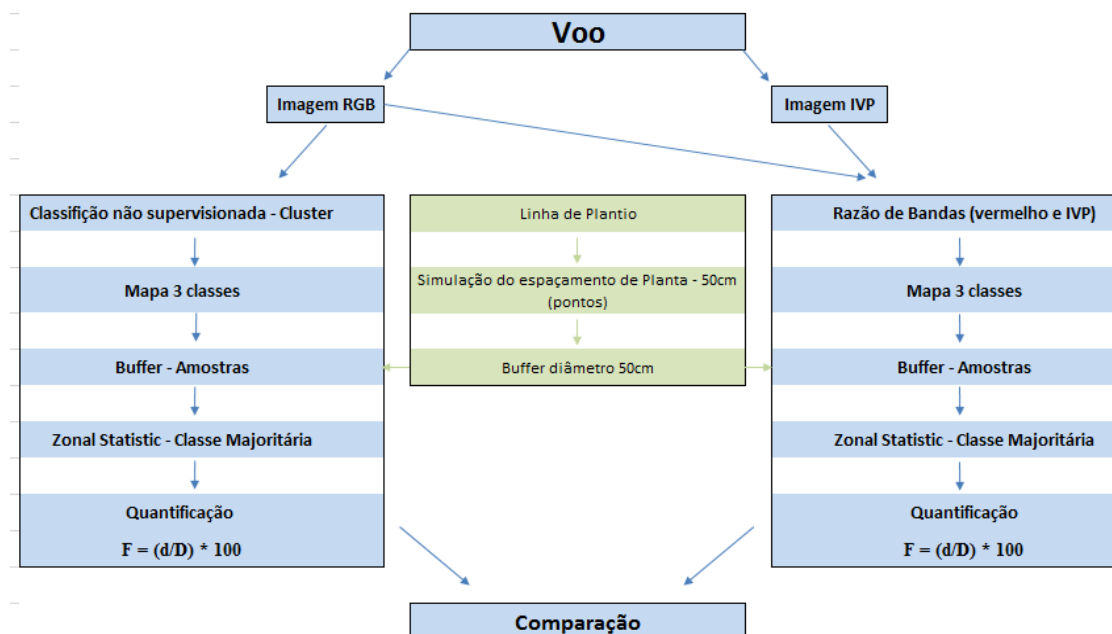


FIGURA 3. Sequência metodológica do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Figura 4 apresenta o resultado do cálculo entre as bandas, sendo os locais que apresentaram menor porcentagem de falhas possuem valores próximos de 0,7 e locais com mais falhas e com solo exposto valores menores que 0.

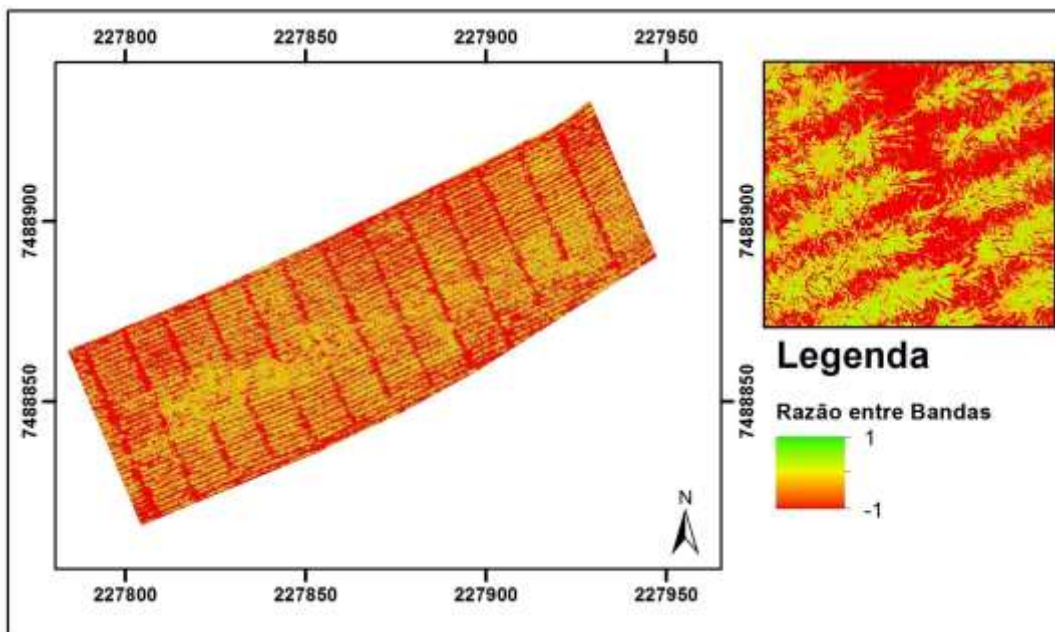


FIGURA 4. Mapa de razão entre as bandas obtidas a partir da imagem vermelha e IVP.

A Figura 5 apresenta o resultado da classificação não supervisionada pela técnica *Cluster*, cujas 3 classes são representadas por: vegetação (cana-de-açúcar), vegetação + palhada e solo exposto.

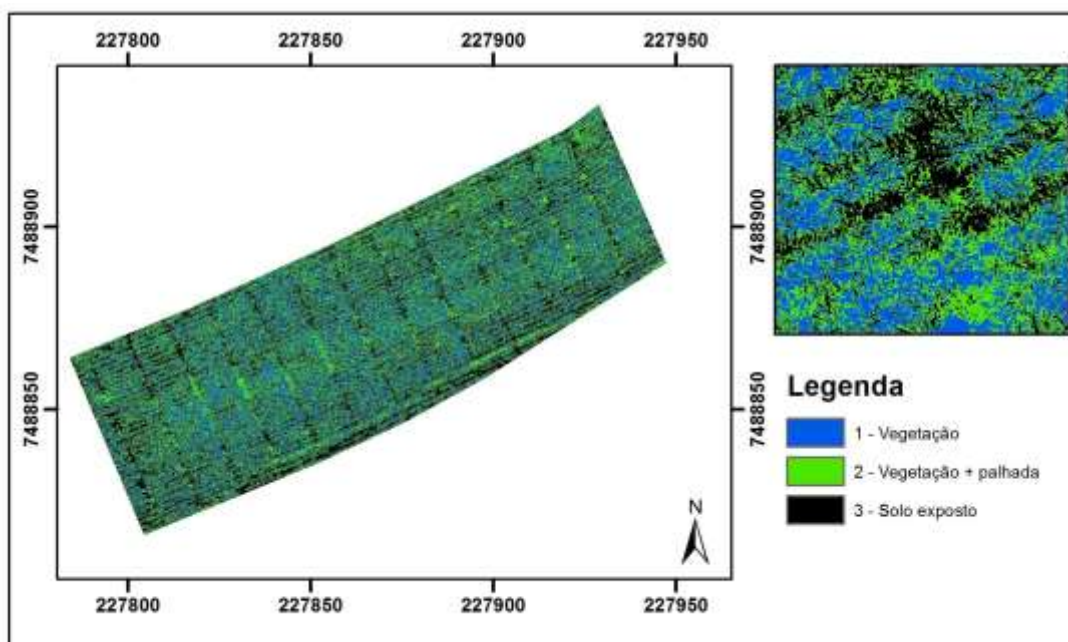


FIGURA 5. Mapa de classificação *Cluster* obtido a partir da imagem RGB.

A Figura 6 mostra os polígonos obtidos a partir da aplicação da ferramenta *Zonal Statistic*, os quais representam os valores majoritários referentes as três classes de cada mapa. Pode-se verificar que o mapa RB apresentou uma melhor distinção entre as classes, o que pode ser explicado devido a utilização da faixa do IVP, o resultado obtido por Sartori et al., (2007) comprova o aumento no potencial de discriminação de alvos em imagens adquirida por uma câmara digital convencional adaptada, para coleta no IVP.

Devido a típica resposta espectral da vegetação, com forte absorção na faixa do visível e alta refletancia na faixa do IVP (PONZONI et al., 2012), facilita a diferenciação entre vegetação e solo.

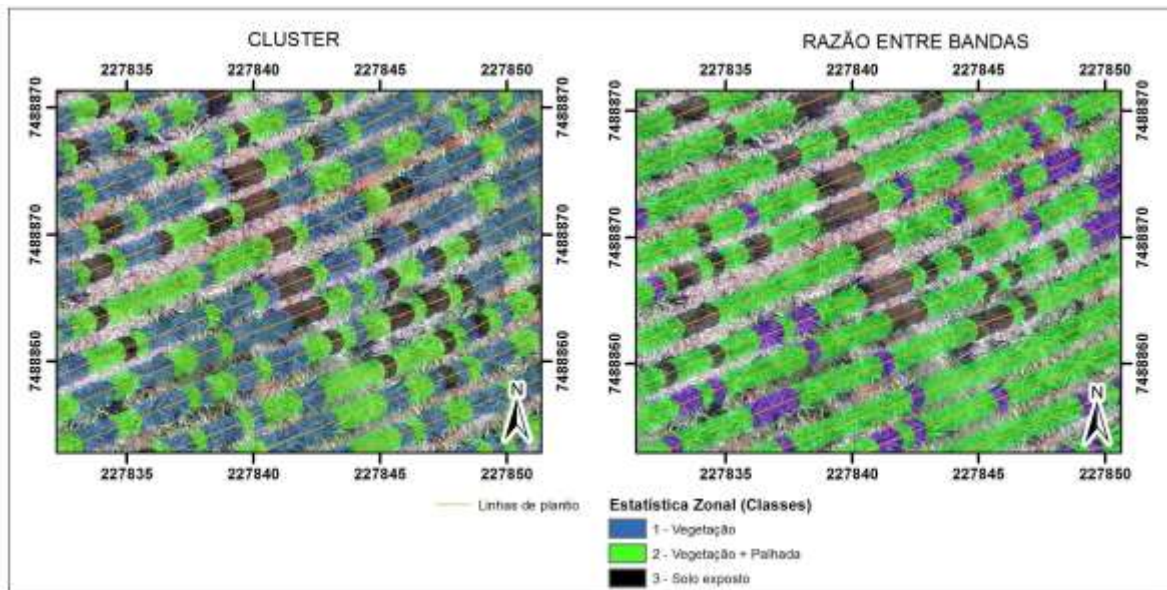


FIGURA 6. Distribuição dos polígonos obtidos por *Zonal Statistic*.

Na tabela 1 observa-se que o índice de falhas obtido das imagens aéreas no mapa *Cluster* foram muito diferentes da razão entre bandas. No mapa *Cluster* o índice de falha de plantio foi de 18,37%, enquanto o mapa da razão entre bandas apresentou um índice de falha de 26,16%. Embora o mapa da razão entre bandas tenha exibido um maior detalhamento dos alvos presentes na imagem, a diferença encontrada pode ser causada pela mistura espectral entre as classes previamente selecionadas.

TABELA 1. Parâmetros para o cálculo do índice de falha de plantio em cana-de-açúcar

	Cluster	Razão entre Bandas
d	5720,39	5720,39
D	1051,33	1496,42
F	18,37%	26,16%

d = somatório dos comprimentos das fileiras analisadas (metros); D = somatório dos comprimentos das falhas (metros); F (%) = ocorrência de falhas do talhão.

A presença de plantas daninhas entre as linhas de plantio da área central do talhão (Figura 7) foi um fator limitante na execução do método. Tanto na aplicação da razão entre bandas quanto na classificação *Cluster*, as plantas daninhas foram categorizadas juntamente com a cana-de-açúcar, prejudicando o cálculo do índice de falha.

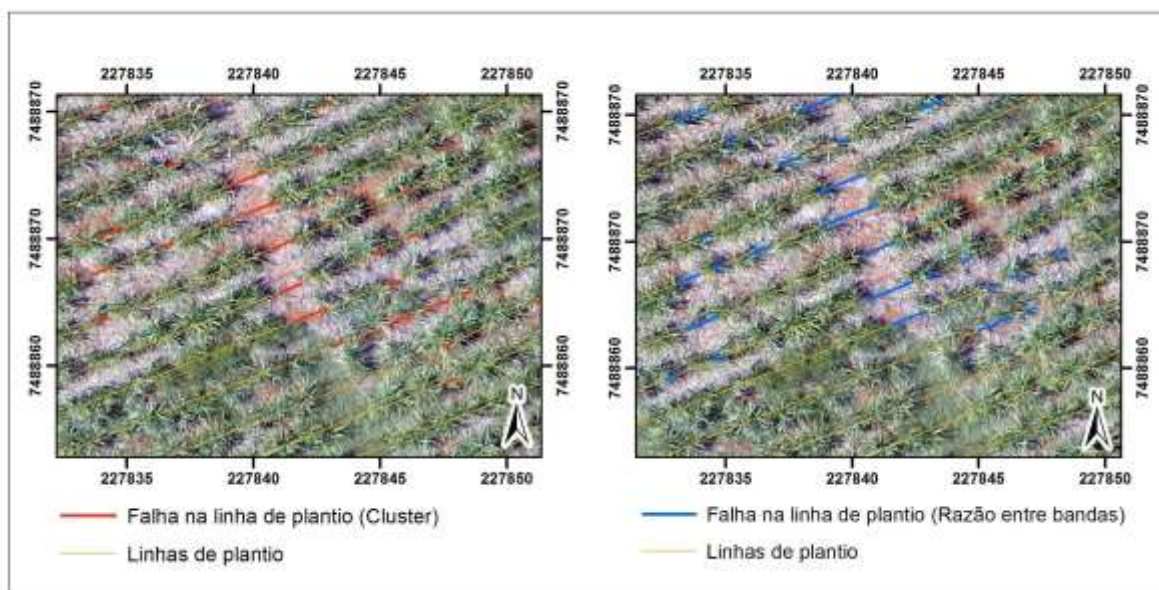


FIGURA 7. Representação detalhada das falhas nas linhas de plantio da área experimental.

Segundo Tanaka et al. (2013), o método utilizado para o cálculo das falhas depende de variáveis, como qualidade de imagem, e esta é dependente do tipo de câmera utilizada, tamanho do pixel, distância focal e altura de voo. Além disso, a base de cálculo leva em conta a projeção da área coberta pela vegetação, a partir desta são calculadas as falhas.

CONCLUSÕES:

Embora novos estudos sejam necessários para aprimoramento deste método de identificação e quantificação de falhas de plantio em cana-de-açúcar, o mapeamento obtido mostrou que as imagens do VANT apresentaram resultado satisfatório, sendo assim uma metodologia promissora, pois apresenta resultados rápidos e precisos, cuja tecnologia também pode ser utilizada como subsídio para um rápido diagnóstico da produção agrícola.

AGRADECIMENTOS:

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

REFERÊNCIAS

- ANTUNIASSI, U.R.; SALVADOR, A. Análise de imagens aéreas para mapeamento de plantas daninhas em sistemas de agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2002. 1 CD-ROM.
- MEDEIROS, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. O.; LANDERHAL JÚNIOR, M. L. Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georeferenciado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2375-2378, 2008.
- MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, n. 4, p. 358-371, 2013.
- PONZONI, F.J.; SHIMABUKURO, Y.E.; KUPLICH, T.M. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2ª edição. São Paulo, 2012.

STOLF, R. Metodologia de avaliação de falhas nas linhas de cana-de-açúcar. STAB, Piracicaba, v. 4, n. 6, p. 22-36,1986.

TANAKA, E. M. ; PASSALAUQA, B. P. ; PASSALAUQA, E. A. ; GARCIA, L. H. T. . Avaliação de falhas utilizando-se método convencional de Stolf e imagem aérea. In: IV ENCONTRO DE MECANIZAÇÃO EM AGRICULTURA DE PRECISÃO, v.4, 2013, Pompéia. **Anais...** Pompéia. Disponível em:

<<http://www.fatecpompeia.edu.br/arquivos/arquivos/brunaedsonpassalaqua.pdf>>. Acessado em: 20 maio 2015.